

## تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی منابع آب آشامیدنی روستاهای شهرستان قروه با تأکید بر غلظت آرسنیک

معصومه حیدری<sup>\*۱</sup>

[Heidarimas@yahoo.com](mailto:Heidarimas@yahoo.com)

رضوان حیدری<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** شناخت آب از نظر کمیت و کیفیت قدمی اساسی برای بهینه سازی مصرف آن است. از اینرو در این تحقیق ویژگی های فیزیکی و شیمیایی منابع آب آشامیدنی روستاهای شهرستان قروه با تأکید بر غلظت آرسنیک تعیین و همبستگی بین پارامترهای مختلف با آرسنیک مورد بررسی قرار گرفت.

**روش بررسی:** تحقیق حاضر در دو بخش شامل نمونه برداری از منابع آب روستاها و اندازه گیری آرسنیک و تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه ها صورت گرفت. اندازه گیری آرسنیک به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی صورت پذیرفت. همچنین نمونه ها از نظر پارامترهای مختلف نظیر مجموع کاتیون ها ( کلسیم، منیزیم، سدیم )، آنیون ها (کلرور، سولفات، نیترات، فسفات، فلوراید، نیتريت، آمونیوم) اسیدیته، قلیائیت، pH، EC، TDS و TS در آزمایشگاه مورد آنالیز قرار گرفتند.

**یافته ها:** نتایج نشان داد علاوه بر وجود آرسنیک بیش از حد استاندارد ملی ( $10 \mu\text{g/L}$ ) در منابع آب همه روستاهای مورد مطالعه؛ از بین پارامترهای مختلف تنها مقدار pH، سختی کل، نیترات، فلوراید، سولفات و پتاسیم نیز در برخی از روستاها در محدوده استاندارد ملی قرار ندارند. طبق آزمون آماری همبستگی پیرسون از بین پارامترهای مختلف فقط بین آرسنیک و فسفات (در سطح ۵ درصد) و آرسنیک و پتاسیم (در سطح ۱ درصد) همبستگی وجود دارد.

**بحث و نتیجه گیری:** همبستگی بین آرسنیک و فسفر می تواند به دلیل هم گروه بودن و شعاع اتمی یکسان و در نتیجه رفتار شیمیایی یکسان آنها باشد و همبستگی بین آرسنیک و پتاسیم نیز می تواند نشانه زمین زاد بودن منشأ آرسنیک در منطقه مورد مطالعه باشد.

**واژه های کلیدی:** پارامترهای فیزیکی، پارامترهای شیمیایی، منابع آب آشامیدنی، روستاهای شهرستان قروه، آرسنیک.

<sup>۱</sup> استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران \* (مسوول مکاتبات)

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

## **Determination of Physical and chemical characterization of drinking water resource's the villages of Qorveh with emphasis on arsenic concentration**

**Masoumeh Heidari**<sup>1\*</sup>  
[Heidarimas@yahoo.com](mailto:Heidarimas@yahoo.com)  
**Razvan Heidari**<sup>2</sup>

Accepted Date: May 4, 2025

Date Received: August 6, 2024

### **Abstract**

**Introduction:** determination the quantity and quality of water is a key step to optimize its consumption. Therefore, in this study the physical and chemical characteristics of drinking water resource's the villages of Qorveh with emphasis on arsenic concentration determined and the correlation between different parameters with arsenic were examined.

**Material and methods:** This study carried out in two sections: sampling of water resources and measurement of arsenic and determination physical and chemical characteristics of samples. Measuring arsenic was carried out by atomic absorption spectrophotometry. As well as samples of different parameters such as total kations (calcium, magnesium, sodium), anions (chloride, sulfate, nitrate, phosphate, fluoride, nitrite, ammonia) acidity, alkalinity, pH, EC, TDS and TS in the laboratory were analyzed.

**Result:** The results showed that in addition to arsenic exceeded the national standard (10µg / L) in all water resources in villages that were studied; only the parameters of pH, total hardness, nitrate, fluoride, sulfate and potassium in some villages are not in range of National standards. According to the Pearson correlation coefficient through all of different parameters, only between arsenic and phosphate (significantly 0.05) and between arsenic and potassium (significantly 0.01) there is a correlation.

**Discussion:** The correlation between arsenic and phosphorus can be due to the same group and the same atomic radius and therefore their chemical behavior is similar and the correlation between arsenic and potassium can be due to geogenic the source of arsenic in the study area.

**Keywords:** physical parameters, chemical parameters, drinking water resources, villages of Qorveh city, arsenic.

---

<sup>1</sup> Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran\*(Corresponding Author)

<sup>2</sup> Master's Student in Land Assessment and Planning, Faculty of Natural Resources, Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan, Iran

## مقدمه

امروزه آب به عنوان یک منبع لایتنه‌ای و فراوان تلقی نمی‌شود. تأمین آب سالم و بهداشتی و جلوگیری از آلودگی آن، یکی از مهمترین مسائل کشورهای دنیا می‌باشد. اهمیت آب برای بهداشت و توسعه به اندازه‌ای است که سازمان جهانی بهداشت (WHO) مهمترین نارسایی قرن ۲۰ را عدم دسترسی همگانی به بهسازی و آب آشامیدنی سالم و کافی عنوان کرده است. در ده‌های اخیر افزایش تقاضای آب، کاهش سرانه منابع آب تجدید شونده و آلودگی‌های آب موجبات نگرانی‌های زیادی شده است. از این جهت بهره‌برداری از این منابع به شکل مطلوب، موثر و کارا و همچنین کنترل کیفیت آن یکی از مهمترین مباحث مطرح برای تضمین توسعه پایدار است (۱). شناخت آب از نظر کیفیت به ویژه شناسایی و اندازه‌گیری آلاینده‌ها، کمیت و چگونگی حصول آن، قدمی اساسی برای بهینه سازی مصرف است (۲). در این راستا اندازه گیری آلودگی‌های فیزیکی و شیمیایی در منابع آب کشور و شناسایی منابع ورودی آنها امری مهم و حیاتی محسوب می‌شود.

یکی از سمی ترین آلاینده هایی است که در منابع آب یافت می‌گردد آرسنیک است. حضور این عنصر در منابع آب زیرزمینی اساساً به دو دلیل رخ می‌دهد: یک: فعالیت‌های انسانی مانند معدن کاوی، استفاده از آفت کش‌های آرسنیک، پخش فاضلاب‌های صنعتی و دفع پسماندهای شیمیایی و ...، دلیل دیگر انتشار آرسنیک، فرایندهای طبیعی مانند احیاء هیدروکسیدهای آهن و اکسیداسیون سنگ معدن پیریت که حاوی اریپمنت و رآلگار می‌باشد (۳).

آرسنیک به واسطه حضور در آب آشامیدنی و بلعیده شدن می‌تواند موجب بروز بیماری‌های مختلفی از جمله بیماری عروق محیطی، فشار خون بالا، سرطان‌های داخلی (شش، مثانه، کلیه و کبد) و ضایعات پوستی شامل کراتوزیس، هیپر پیگمانتاسیون و هیپوپیگمانتاسیون و در نهایت سرطان پوست گردد (۴ و ۵).

به منظور حداقل نمودن مشکلات و اثرات بهداشتی ناشی از آرسنیک، سازمان بهداشت جهانی و مؤسسه استاندارد ملی کشور حداکثر مقدار مجاز حدود  $10 \mu\text{g/L}$  را برای این عنصر در آب آشامیدنی تعیین نموده‌اند (۶).

براساس شواهد و اطلاعات موجود و گزارش معاونت پژوهشی دانشگاه کردستان مشکل حضور آرسنیک در منابع آب آشامیدنی برخی از روستاهای شهرستان قروه به صورت اندمیک وجود دارد (۷). اهمیت آلودگی آب به آرسنیک در این روستاها متأسفانه به دلیل شیوع عوارض پوستی و بیماری‌های دستگاه گوارش مشخص شده است و نه به دلیل پایش منابع آب. استان کردستان یکی از استان‌های معدن خیز کشور است که در

برخی از مناطق این استان از جمله شهرستان قروه معادن و ذخایر زیر زمینی فلزی زیادی وجود دارد. بر اساس شواهد و اطلاعات موجود در منطقه آتشفشانی قروه - بیجار - تکاب در زمان میوسن - پلیوسن تکاپوی ولکانیسم آغاز شده و تا به امروز به صورت آتشفشان‌های نیمه فعال ادامه دارد، همزمان با این ولکانیسم کانی سازی که ناشی از فعالیت‌های ولکانیسم جوان در منطقه می‌باشد شکل گرفته است. عمده کانی‌های این معادن شامل طلا، رآلگار، اریپمنت و سینابر بوده که تمرکز عناصری همچون آرسنیک، آنتی‌مون و جیوه را به طور چشمگیری افزایش داده‌اند (۸). وجود این معادن موجب گردیده است که در برخی از مناطق استان مانند برخی از روستاهای شهرستان قروه، آب شرب که بیشتر از منابع زیرزمینی تأمین می‌گردد به برخی از عناصر سمی و کم مقدار همچون آرسنیک آلوده گردد و از حداکثر غلظت مجاز تجاوز نموده و مشکلات فراوانی ایجاد نماید. در ضمن در مطالعات سیاره و همکاران (۱۳۸۶) و جهانگیری و همکاران (۱۳۹۰) به وجود فلز سنگین آرسنیک در منابع زمین شناسی، آب و خاک‌های عمدتاً آهکی این منطقه اشاره شده است (۹).

از اینرو در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منابع آب آشامیدنی روستاهای شهرستان قروه با تأکید بر غلظت آرسنیک تعیین و رابطه و همبستگی بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مختلف با آرسنیک مورد بررسی قرار گرفت.

## روش تحقیق

تحقیق حاضر در دو بخش میدانی و آزمایشگاهی صورت گرفت:

۱- نمونه برداری از منابع آب آشامیدنی روستاهای شهرستان قروه

۲- اندازه‌گیری غلظت آرسنیک، آنالیز و تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها

۱- در بخش نخست، ابتدا بر اساس گزارش معاونت پژوهشی دانشگاه کردستان در سال‌های ۸۲ و ۸۳ که با عنوان «بررسی منابع آب شرب روستایی بر اساس پارامترهای استاندارد ملی در شهرستان بیجار و قروه از توابع استان کردستان» منتشر گردیده است (۷)، روستاهای دارای غلظت بیش از حد مجاز آرسنیک بر اساس استاندارد ملی کشور که  $10 \mu\text{g/L}$  می‌باشد، مشخص گردید. سپس نقشه منطقه مورد مطالعه تهیه و با استفاده از آن به روستاهای مورد نظر مراجعه گردید. اسامی روستاهای پایش شده به شرح زیر می‌باشد:

نارنجک، طوغان باباگرگر، مالوجه، قوجاق، جدایه، قزلجه کند، داش کسن، بهارلو، حسن خان، شوراب هزاره، جعفر، گیلکلو و

جهت اندازه گیری غلظت آرسنیک در این تحقیق از دستگاه جذب اتمی (Model: 220 Varian, Australia) و روش اسپکترومتریک جذب اتمی الکتروترمال SM 3113B استفاده گردید. برای تعیین غلظت آرسنیک هر نمونه، اندازه گیری سه بار تکرار شد و میانگین آنها به عنوان نتیجه نهائی ثبت گردید. در این مرحله همچنین نمونه های تهیه شده یک لیتری بدون حفاظت اسیدی که در یخچال در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شده بودند از نظر پارامترهای مختلف نظیر مجموع کاتیونها (کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم)، آنیونها (کلرور، سولفات، نیترات، فسفات، فلوراید، نیتریت، آمونیوم) اسیدیته، قلیائیت، pH، EC و TDS در آزمایشگاه مورد آنالیز قرار گرفتند. در جدول (۱) روش های مورد استفاده در تحقیق جهت سنجش پارامترهای مختلف ارایه شده است.

### نتایج

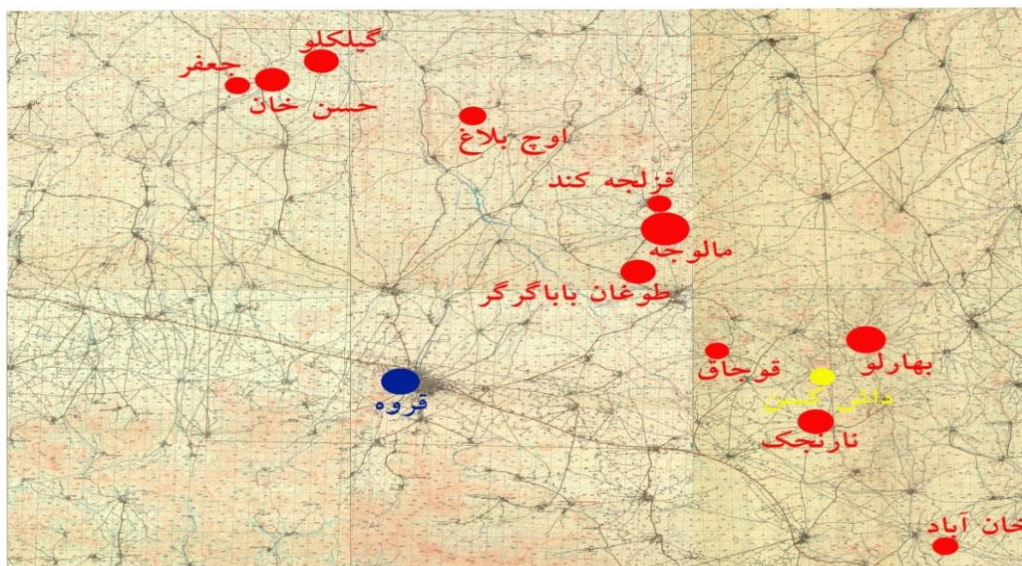
در جدول ۲ نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت آرسنیک در منابع آب روستاهای منطقه مورد مطالعه ارایه شده است. همانگونه که مشاهده می گردد بیشترین غلظت آرسنیک مربوط به روستای حسن خان ( $2167/98 \mu\text{g/L}$ ) و کمترین مقدار مربوط به روستای جدایه ( $11/17 \mu\text{g/L}$ ) می باشد. در جداول ۳ و ۴ نیز نتایج حاصل از آنالیز کیفی منابع آب روستاهای منطقه مورد مطالعه و نتایج آزمون آماری همبستگی پیرسون بین غلظت آرسنیک با سایر پارامترهای کیفی در منابع آب ارایه شده است.

اوج بلاغ. در شکل ۱ موقعیت منطقه پایش شده نمایش داده شده است.

سپس از منابع آب آشامیدنی هر روستا دو نمونه ۱۰۰۰ میلی لیتری تهیه گردید. جهت برداشت نمونه از ظروف پلی اتیلنی استفاده گردید، که این ظروف قبل از نمونه برداری با استفاده از اسید نیتریک، آب شیر و سپس آب مقطر چندین مرتبه شستشو داده شدند تا هر گونه آلودگی احتمالی آنها از بین برود. در هنگام برداشت نمونه از منابع آب نیز، این ظروف به دقت با آب نمونه برداری چندین مرتبه آبکشی شده تا نمونه هموژنی تهیه گردد.

سپس یکی از نمونه ها با استفاده از اسید نیتریک غلیظ به میزان  $5\text{mL/L}$  اسیدی شد تا برای تعیین آرسنیک کل حفاظت گردد و نمونه دیگر جهت آنالیز و تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل مقدار آنیونها، کاتیونها، قلیائیت، اسیدیته و ... تهیه و در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  همراه با دیگر نمونه ها نگهداری شد. بر اساس توصیه های موجود در منابع علمی جهت نمونه برداری از ظروف پلی اتیلنی استفاده گردید. دلیل این انتخاب احتمال وجود آرسنیک در ظروف شیشه ای است و به همین دلیل استفاده از این ظروف جهت نمونه برداری برای آرسنیک توصیه نشده است (۱۰). نمونه ها سپس بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و تا زمان آنالیز در یخچال نگهداری شدند.

۲- اندازه گیری غلظت آرسنیک، آنالیز و تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه ها



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه  
Figure 1- Map of the study area

جدول ۱- روش‌های مورد استفاده در تحقیق جهت تعیین مقدار پارامترهای مختلف

Table 1- Methods used in the research to determine the values of various parameters

| نوع پارامتر        | واحد اندازه گیری        | روش سنجش                     | مرجع                  |
|--------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|
| pH                 | -                       | Wide range pH meter          | Standard Method, 1998 |
| DO                 | mg/L                    | DO meter                     | Standard Method, 1998 |
| EC                 | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Conductivity meter           | Standard Method, 1998 |
| TDS                | mg/L                    | Calculation                  | Standard Method, 1998 |
| دما                | $^{\circ}\text{C}$      | Thermometer                  | Standard Method, 1998 |
| سختی و انواع آن    | mg/L                    | EDTA Titration + calculation | Standard Method, 1998 |
| قلیائیت و انواع آن | mg/L                    | Acid Titration               | Standard Method, 1998 |
| آنیون‌ها           | -                       | -                            | -                     |
| کلرور              | mg/L                    | Argentometry                 | Standard Method, 1998 |
| فلوئور             | mg/L                    | Fluoride Electrode/SPADNS    | Standard Method, 1998 |
| سولفات             | mg/L                    | Turbidimetry                 | Standard Method, 1998 |
| فسفات              | mg/L                    | Vandomolibdophosphoric Acid  | Standard Method, 1998 |
| نیتрат             | mg/L                    | UV Spectrophotometry         | Standard Method, 1998 |
| نیتريت             | mg/L                    | Sulfanilic Acid              | Standard Method, 1998 |
| کربنات             | mg/L                    | Calculation                  | Standard Method, 1998 |
| بیکربنات           | mg/L                    | Calculation                  | Standard Method, 1998 |
| هیدروکساید         | -                       | -                            | Standard Method, 1998 |
| کاتیون‌ها          | -                       | -                            | -                     |
| کلسیم              | mg/L                    | EDTA Titration               | Standard Method, 1998 |
| منیزیم             | mg/L                    | EDTA Titration               | Standard Method, 1998 |
| سدیم               | mg/L                    | Flamephotometry              | Standard Method, 1998 |
| پتاسیم             | mg/L                    | Flamephotometry              | Standard Method, 1998 |

جدول ۲- غلظت آرسنیک در منابع آب روستاهای منطقه مورد مطالعه

Table 2- Arsenic concentration in water sources of villages in the study area

| ردیف | نام روستا      | محل نمونه برداری | مقدار آرسنیک ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) |
|------|----------------|------------------|-----------------------------------------|
| ۱    | جعفر           | چاه              | ۳۰۵/۰۷                                  |
| ۲    | حسن خان        | چاه              | ۲۱۶۷/۹۸                                 |
| ۳    | بهارلو         | چاه              | ۳۵/۰۲                                   |
| ۴    | دانش کسن       | چشمه             | ۱۵/۹۹                                   |
| ۵    | مالوجه         | چشمه             | ۵۶/۸۰                                   |
| ۶    | طوغان باباگرگر | چشمه             | ۷۰/۹۱                                   |
| ۷    | قزلجکند        | چشمه             | ۲۰/۹۴                                   |
| ۸    | اوچبلاغ        | آب لوله کشی      | ۱۲/۳۴                                   |
| ۹    | نارنجک         | چشمه             | ۴۹/۵۴                                   |
| ۱۰   | گیلکلو         | چاه              | ۲۵/۴۷                                   |
| ۱۱   | جداقیه         | چشمه             | ۱۱/۱۷                                   |
| ۱۲   | شوراب هزاره    | آب لوله کشی      | ۱۳/۶۷                                   |
| ۱۳   | قوجاق          | چاه              | ۲۰۳                                     |

جدول ۳- آنالیز کیفی منابع آب روستاهای منطقه مورد مطالعه

Table 3- Qualitative analysis of water resources in the villages of the study area

| Table 5. Quantitative analysis of water resources in the villages of the study area |         |                   |        |        |        |        |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------------|
| گيلکلو                                                                              | داش کسن | طوغان<br>باباگرگر | نارنجک | جعفر   | قوجاق  | بهارلو | نام روستا<br>آزمایشات                  |
| ۶/۷                                                                                 | ۷/۹۸    | ۷/۳               | ۷/۴۱   | ۵/۸    | ۷/۶۷   | ۷/۶۵   | pH                                     |
| ۷/۰۲                                                                                | ۷/۳۴    | ۶/۴۴              | ۷/۰۳   | ۲/۶۸   | ۱/۲۱   | ۸/۴۷   | DO (mg/L)                              |
| ۸۹۹                                                                                 | ۴۴۴/۲   | ۲۵۱               | ۷۶۸/۵۲ | ۷۳۴/۱۳ | ۶۲۲/۵  | ۶۵۲    | EC (µs/cm)                             |
| ۲۷۷                                                                                 | ۱۴۷/۳   | ۱۲۰/۸             | ۲۱۰    | ۱۰۵۸   | ۲۶۲    | ۹۲/۸   | TDS (mg/L)                             |
| ۱۲/۵                                                                                | ۱۵/۷    | ۱۸/۸              | ۱۶/۳   | ۱۳/۱   | ۱۴/۶   | ۱۶/۱   | دما ( °C )                             |
| ۴۲۶                                                                                 | ۱۹۶     | ۱۰۸               | ۳۵۶    | ۱۳۱۶   | ۲۳۸    | ۳۰۸    | سختی کل برحسب کربنات کلسیم (mg/L)      |
| ۴۰۰                                                                                 | ۱۳۶     | ۱۰۸               | ۱۶۲    | ۱۱۷۶   | ۱۷۲    | ۸۸     | سختی کلسیم برحسب کربنات کلسیم (mg/L)   |
| ۲۶                                                                                  | ۶۰      | ۰                 | ۱۹۴    | ۱۴۰    | ۶۶     | ۲۲۰    | سختی منیزیم بر حسب کربنات کلسیم (mg/L) |
| ۱۰۰                                                                                 | ۲۰۰     | ۱۵۲               | ۲۶۸    | ۷۵۰    | ۲۳۶    | ۱۶۰    | قلیائیت متیل اورانژ (M.O) (mg/L)       |
| ۰                                                                                   | ۰       | ۰                 | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | قلیائیت فنل فتالئین (P) (mg/L)         |
| ۱۰۰                                                                                 | ۲۰۰     | ۱۵۲               | ۲۶۸    | ۷۵۰    | ۲۳۶    | ۱۶۰    | قلیائیت کل (T) (mg/L)                  |
| -                                                                                   | -       | -                 | -      | -      | -      | -      | آنیون ها (mg/L)                        |
| ۱۵۰/۳۱                                                                              | ۵۳/۹۸   | ۷۳/۹۸             | ۱۸۳/۹۴ | ۳۷۵/۰۶ | ۲۲۵/۹۳ | ۳۹/۹۹  | کلرور                                  |
| ۰/۲۲                                                                                | ۰/۸۶    | ۰/۴۹              | ۰/۴۳   | ۰/۸۶   | ۱/۱۴   | ۰/۴۱   | فلوئور                                 |
| ۵۷                                                                                  | ۱۱۰     | ۷۲                | ۱۳۰    | ۳۷۶    | ۱۹۵    | ۱۵     | سولفات                                 |
| ۱۲/۰۷                                                                               | ۶/۶۱    | ۹/۰۶              | ۴/۳۶   | ۱۳/۸۲  | ۶/۶۸   | ۴/۸۸   | فسفات                                  |
| ۶۶/۸۰                                                                               | ۲۸/۱۶   | ۲۰/۶۸             | ۶/۶    | ۱۵۰/۲۲ | ۴۴/۸۸  | ۲۴/۶۴  | نیترات                                 |
| ۰/۰۱۹۸                                                                              | ۰/۰۱۶   | ۰/۰۱۶             | ۰/۰۱۶  | ۰/۱۱۲۲ | ۰/۰۲۳  | ۰/۰۱۶  | نیتريت                                 |
| ۰                                                                                   | ۰       | ۰                 | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | کربنات                                 |
| ۱۰۰                                                                                 | ۲۰۰     | ۱۵۲               | ۲۶۸    | ۷۵۰    | ۲۳۶    | ۱۶۰    | بيکربنات                               |
| ۰                                                                                   | ۰       | ۰                 | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | هيدروکساید                             |
| -                                                                                   | -       | -                 | -      | -      | -      | -      | کاتیون ها (mg/L)                       |
| ۱۶۰                                                                                 | ۵۴/۴    | ۴۳/۲              | ۶۴/۸   | ۴۷۰/۴  | ۶۸/۸   | ۳۵/۲   | کلسیم                                  |
| ۶/۲۴                                                                                | ۱۴/۴    | ۰                 | ۴۶/۵۶  | ۳۳/۶   | ۱۵/۸۴  | ۵۲/۸   | منیزیم                                 |
| ۱۰/۷۹                                                                               | ۱۱/۷۸   | ۲/۸۸              | ۱۲/۷۷  | ۳۴/۵۳  | ۳۲/۵۵  | ۷/۸۲   | سدیم                                   |
| ۰/۳۹                                                                                | ۰/۳۹    | ۱/۱۷              | ۰/۳۹   | ۱/۵۶   | ۱/۹۵   | ۰/۷۸   | پتاسیم                                 |

ادامه جدول ۳- آنالیز کیفی منابع آب روستاهای منطقه مورد مطالعه

Continue Table 3 - Qualitative analysis of water resources in the villages of the study area

| Continue Table 3- Quantitative analysis of water resources in the villages of the study area |                                      |         |          |         |        |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|----------|---------|--------|-------------|
| نام روستا                                                                                    | جداقیه                               | اوچبلاغ | قزله کند | حسن خان | مالوجه | شوراب هزاره |
| آزمایشات                                                                                     | pH                                   | ۷/۵۹    | ۶/۴      | ۶/۸     | ۷/۲    | ۷/۶۹        |
|                                                                                              | DO (mg/L)                            | ۵/۸۱    | ۹/۶۱     | ۵/۹۳    | ۵/۸۱   | ۱/۳۹        |
|                                                                                              | EC (µs/cm)                           | ۶۵۱     | ۵۶۸      | ۳۴۵     | ۱۱۰۵   | ۸۳۶/۶۹      |
|                                                                                              | TDS (mg/L)                           | ۲۲۱     | ۲۷۰      | ۱۶۶     | ۵۴۰    | ۲۸۹         |
|                                                                                              | دما (°C)                             | ۱۶/۸    | ۹/۶      | ۱۷/۵    | ۱۳/۹   | ۱۴/۸        |
|                                                                                              | سختی کل برحسب کربنات کلسیم (mg/L)    | ۳۰۰     | ۲۱۰      | ۱۵۲     | ۲۹۶    | ۳۷۲         |
|                                                                                              | سختی کلسیم برحسب کربنات کلسیم (mg/L) | ۲۰۰     | ۱۳۸      | ۱۴۰     | ۲۷۶    | ۳۱۶         |

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منابع آب آشامیدنی روستاهای شهرستان قروه با تأکید بر غلظت آرسنیک ۳۱

| نام روستا                        | جداقیه | اوجبلان | قزله کند | حسن خان | مالوجه | شوراب هزاره |
|----------------------------------|--------|---------|----------|---------|--------|-------------|
| سختی منیزیم بر حسب کلسیم (mg/L)  | ۱۰۰    | ۷۲      | ۱۲       | ۲۰      | ۵۶     | ۱۹۸         |
| قلیائیت متیل اورانژ (M.O) (mg/L) | ۳۱۶    | ۱۷۰     | ۲۰۰      | ۴۳۰     | ۳۵۲    | ۱۷۰         |
| قلیائیت فنل فتالین (P) (mg/L)    | ۰      | ۰       | ۰        | ۰       | ۰      | ۰           |
| قلیائیت کل (T) (mg/L)            | ۳۱۶    | ۱۷۰     | ۲۰۰      | ۴۳۰     | ۳۵۲    | ۱۷۰         |
| آنیون‌ها (mg/L)                  | -      | -       | -        | -       | -      | -           |
| کلرور                            | ۱۲۱/۹۶ | ۵۲/۴۷   | ۱۱۳/۹۶   | ۱۷۶/۵۴  | ۲۱۵/۹۳ | ۲۰۱/۳۶      |
| فلوئور                           | ۰/۵۴   | ۰/۵۶    | ۰/۲۷     | ۰/۷۴    | ۰/۴    | ۰/۶۰        |
| سولفات                           | ۱۳۵    | ۵۷      | ۱۲۵      | ۲۹۲     | ۲۴۰    | ۴۴۰         |
| فسفات                            | ۰/۱    | ۸/۰۷    | ۱۲/۷۸    | ۴۳/۲۴   | ۲۹/۱۵  | ۴۲/۲۴       |
| نیتрат                           | ۱۲/۳۲  | ۶۳/۸۰   | ۳۴/۷۶    | ۱۳۴/۶۴  | ۴/۴    | ۱۲۶/۷۲      |
| نیتريت                           | ۰/۰۱۳  | ۰/۰۱۳۲  | ۰/۰۱۶    | ۰/۰۲۹۷  | ۰/۰۳   | ۰/۰۱۶۵      |
| کربنات                           | ۰      | ۰       | ۰        | ۰       | ۰      | ۰           |
| بی‌کربنات                        | ۳۱۶    | ۱۷۰     | ۲۰۰      | ۴۳۰     | ۳۵۲    | ۱۷۰         |
| هیدروکساید                       | ۰      | ۰       | ۰        | ۰       | ۰      | ۰           |
| کاتیون‌ها (mg/L)                 | -      | -       | -        | -       | -      | -           |
| کلسیم                            | ۸۰     | ۵۵/۲    | ۵۶       | ۱۱۰/۴   | ۱۲۶/۴  | ۲۱۵/۲       |
| منیزیم                           | ۲۴     | ۱۷/۲۸   | ۲/۸۸     | ۴/۸     | ۱۳/۴۴  | ۴۷/۵۲       |
| سدیم                             | ۱۰/۸۰  | ۱۵/۷۴   | ۴/۸۶     | ۲۴/۶۴   | ۲۰/۶۳  | ۱۴/۷۵       |
| پتاسیم                           | ۱/۵۹   | ۱۹/۵    | ۰/۳۶     | ۱۶۳     | ۱/۱۷   | ۰/۴         |

پارامترهایی که بیش از حد استاندارد ملی ایران (۱۱) هستند با رنگ قرمز نمایش داده شده اند.

جدول ۴- نتایج آزمون آماری همبستگی پیرسون بین غلظت آرسنیک با سایر پارامترهای کیفی در منابع آب روستاها

Table 4 - Results of Pearson's correlation test between arsenic concentration and other quality parameters in rural water sources

| عنصر   | pH     | DO     | EC   | TDS   | دما   | سختی کل<br>بر حسب کربنات<br>کلسیم | سختی کلسیم<br>بر حسب<br>کربنات<br>کلسیم | سختی<br>منیزیم<br>بر حسب<br>کربنات<br>کلسیم | قلیائیت<br>متیل اورانژ<br>(M.O) | قلیائیت فنل<br>فتالین (P) | قلیائیت<br>کل (T) |
|--------|--------|--------|------|-------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------|
| آرسنیک | -۰/۰۰۹ | -۰/۱۱۸ | ۰/۳۳ | ۰/۳۲۳ | -۰/۰۹ | ۰/۰۱۳                             | ۰/۰۸۲                                   | -۰/۲۶۵                                      | ۰/۳۹                            | -                         | ۰/۳۹              |

\* همبستگی در سطح ۵ درصد؛ \*\* همبستگی در سطح ۱ درصد

ادامه جدول ۴- نتایج آزمون آماری همبستگی پیرسون بین غلظت آرسنیک با سایر پارامترهای کیفی در منابع آب روستاها

Continue Table 4 - Results of Pearson's correlation test between arsenic concentration and other quality parameters in rural water sources

| عنصر   | کلرور | فلوئور | سولفات | فسفات  | نیترات | نیتريت | کربنات | بی‌کربنات | هیدروکساید | کلسیم | منیزیم | سدیم  | پتاسیم |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|------------|-------|--------|-------|--------|
| آرسنیک | ۰/۱۹۳ | ۰/۲۷۶  | ۰/۳۳۹  | *۰/۵۸۸ | ۰/۵۳۱  | ۰/۱۶۹  | -      | ۰/۳۹      | -          | ۰/۰۸۲ | -۰/۲۶۵ | ۰/۳۸۸ | *۰/۹۸  |

\* همبستگی در سطح ۵ درصد؛ \*\* همبستگی در سطح ۱ درصد

### بحث و نتیجه گیری

دسترسی مداوم و آسان به آب آشامیدنی سالم از جمله شاخص‌های توسعه یافتگی و رفاه در هر جامعه ای محسوب می‌گردد. این امر در جوامع توسعه یافته بیش از ۹۹ درصد

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود از بین پارامترهای مختلف فقط بین آرسنیک و فسفات (در سطح ۵ درصد) و آرسنیک و پتاسیم (در سطح ۱ درصد) همبستگی وجود دارد.

می‌باشد. این در حالی است که جوامع روستاهای مورد مطالعه در این تحقیق اغلب از ناسالم بودن آب، مبتلا به انواعی از بیماری‌ها می‌باشند. در این روستاها زندگی افراد کاملاً متأثر از آب آشامیدنی است به گونه ای که در بسیاری از روستاهای بررسی شده مردم در تابستان از موضوع کم آبی و خشکسالی رنج می‌برند. در تعدادی از روستاها مردم به آب لوله کشی دسترسی نداشته و در تعدادی دیگر تنها در ساعات محدودی از روز از آب لوله کشی بهره مند می‌شوند. با توجه به آلودگی آب شرب بسیاری از روستاها به عنصر آرسنیک، آب آشامیدنی اغلب از طریق تانکر آن هم به صورت محدود بین مردم توزیع می‌گردد، به گونه ای که بر اساس مصاحبه‌های حضوری با برخی از سکنه این روستاها، مشخص گردید که آب ذخیره شده در تانکر تنها در یک یا دو روز هفته توزیع شده و در نتیجه بسیاری از مردم ناچارند برای رفع نیازهای خود در دیگر ایام هفته از همان آب آلوده به آرسنیک استفاده نمایند. گذشته از این ذخیره نمودن آب در تانکرها خود نیز می‌تواند عاملی جهت افزایش احتمال آلودگی میکروبی آب گردد.

بر اساس مطالعات انجام شده در این تحقیق در خصوص تعیین غلظت آرسنیک در منابع آب روستاها مشخص گردید که از ۱۳ روستای بررسی شده غلظت آرسنیک در منابع آب آنها بین ۱۱/۱۷ تا ۲۱۶۷/۹۸  $\mu\text{g/L}$  (به ترتیب مربوط به روستاهای جداییه و حسن خان) متغیر می‌باشد (جدول ۲). در این روستاها جمعاً بیش از ۲۳۰۷ خانوار و ۱۰۱۵۴ نفر ساکن هستند.

به طور کلی با توجه به مطالعات زمین شناسی و تعداد قابل توجه روستاهای آلوده در این منطقه و در ادامه آن در روستاهای شهرستان بیجار را می‌توان نشانگر ساختار ویژه زمین شناسی و گستردگی آلودگی به آرسنیک و همچنین غلظت بالای آرسنیک در خاک منطقه ای دانست که روستاها در آن قرار دارند (۸).

با توجه به بالا بودن غلظت آرسنیک در برخی از روستاها طبیعی است که نوشیدن چنین آب ناسالمی در واقع مسمومیت نا آگاهانه افراد می‌باشد. البته در سالهای اخیر با توجه به مطالعات اندکی که در ارتباط با اندازه گیری غلظت آرسنیک در برخی از روستاهای استان صورت گرفته است اطلاعات ساکنین روستاها نسبت به آلودگی آب به آرسنیک تا حدودی افزایش یافته است، به ویژه آبرسانی و توزیع آب به وسیله تانکرها در برخی از روستاها موجب گردیده که بسیاری از مردم استفاده از آب چاه‌ها را حتی الامکان کاهش دهند. با این حال کمترین استفاده از این آب‌ها را می‌توان در مصرف آن‌ها جهت شرب احشام ملاحظه نمود. این در حالی است که یافته‌های محققان

بنگلادشی حضور آرسنیک را در شیر گاوه‌های مصرف کننده آب آلوده به آرسنیک اثبات کرده اند. با توجه به موارد فوق یکی از موضوعات مهم در ارتباط با آرسنیک موضوع آموزش صحیح مردم و اطلاع رسانی شفاف و دقیق به آنها می‌باشد.

از نظر سختی، آب‌های منطقه مورد مطالعه در دامنه آب‌های نسبتاً سخت تا بسیار سخت طبقه بندی می‌شوند. حداقل سختی برابر ۱۰۸  $\text{mg/L}$  و حداکثر ۱۳۱۶  $\text{mg/L}$  با میانگین ۳۸۵/۶۹  $\text{mg/L}$  بر اساس کربنات کلسیم می‌باشد. از نظر پارامترهای عمومی کیفیت آب، وضعیت روستاهای مختلف از هم متفاوت است (جدول ۳). بر اساس جدول ۳ محدوده pH آب‌های روستاهای مورد مطالعه (جز روستای جعفر، اوچ‌بلاغ و شوراب هزاره) تقریباً در محدوده استاندارد ملی یعنی بین ۶/۵ تا ۸/۵ قرار دارد. از نظر DO، اکسیژن محلول روستاها بین ۱/۲۱ تا ۸/۶  $\text{mg/L}$  متغیر می‌باشد. از نظر هدایت الکتریکی که در ارتباط با کل جامدات محلول می‌باشد، شرایط روستاهای مختلف متفاوت است به گونه ای که حداقل مقدار آن ۲/۱۳ و حداکثر مقدار آن ۱۳۶۱  $\mu\text{S/cm}$  می‌باشد. از نظر سختی کل برحسب کربنات کلسیم تنها آب دو روستای جعفر و شوراب هزاره بیش از حد استاندارد ملی است و سختی موقت بیشترین سهم را در مقدار سختی دارد. TDS نیز حداقل ۹۲/۸۰ و حداکثر ۱۰۵۸ با میانگین ۳۳۲/۳  $\text{mg/L}$  می‌باشد.

قلیائیت از نوع قلیائیت متیل اورانژ بوده و حداقل مقدار آن ۱۰۰ و حداکثر مقدار آن ۷۵۰  $\text{mg/L}$  می‌باشد. از بین آنیون‌ها به جز فلوئور و نیترات و در یک روستا سولفات بقیه در محدوده استاندارد ملی هستند و از میان کاتیون‌ها به جز پتاسیم در روستاهای اوچ‌بلاغ و حسن خان و منیزیم در روستای جعفر بقیه در محدوده استاندارد ملی هستند.

از نظر همبستگی پیرسون بین غلظت آرسنیک با سایر پارامترهای کیفی در منابع آب روستاها همانطور که جدول (۴) نشان می‌دهد از بین پارامترهای مختلف فقط بین آرسنیک و فسفات (در سطح ۵ درصد) و آرسنیک و پتاسیم (در سطح ۱ درصد) همبستگی وجود دارد. همبستگی بین آرسنیک و فسفر بدیهی است زیرا هر دو متعلق به گروه پنجم جدول تناوبی عناصر شیمیایی بوده و شعاع اتمی یکسانی داشته و در نتیجه از نظر شیمیایی رفتار مشابهی دارند و خصوصیات فیزیکوشیمیایی مشابهی را از خود نشان می‌دهند (۱۲). علاوه بر آب در خاک نیز تحرک، قابلیت دسترسی زیستی و سمیت آرسنیک علاوه بر اکسیدهای آزاد آهن تا حد زیادی تحت تأثیر حضور آنیون‌های رقیب همچون فسفات قرار می‌گیرد که با آرسنات  $\text{As(V)}$  به عنوان فراوانترین ترکیب آرسنیک در خاک بر سر محل‌های جذب رقابت می‌کنند (۱۳). این تشابه شیمیایی موجب شده در

آرسنیک دارد اما به عنوان رقیب جذب برای آرسنیک شناخته نشده است.

در مطالعه ای که توسط اصغری مقدم و همکاران (۱۳۹۵) در رابطه با منشا آرسنیک و چگونگی آزاد سازی آن در منابع آب زیرزمینی استان کردستان صورت پذیرفته است نیز به همبستگی معنی دار آرسنیک با پتاسیم و سیلیس در منابع آب اشاره شده است که آنها این رابطه معنی دار را نشانه زمین زاد (Geogenic) بودن منشأ آرسنیک بیان کرده‌اند. بدین معنی که منشأ آرسنیک در منابع آب استان کردستان انحلال سنگ‌ها و رسوبات منطقه بوده و آلاینده‌های شهری که عوامل انسان زاد خوانده می‌شوند تأثیر چندانی در آن نداشته‌اند (۲۱).

#### منابع

1. Rahmani- A, Shokoohi- R, "Survey of groundwater quality in Hamedan Bahar Plain" - 10th National Conference on Environmental Health, 2007 - Hamedan - Iran.
2. Roux, P., Preez, C. C., Gstrydo, M. 2007. Significance of soil modifiers in naturally degraded Vertisols of the Peninsular Indian in redefining the sodic soils. Geoderma Journal, Vol.136 (1-2), pp. 210-228.
3. Smedley, P. L., Kinniburgh, D. G., Source and behavior of arsenic in natural waters, British geological survey, Wallingford, Oxon OX10 8BB, U. K. chapter 1 in: United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water, 2001, [www.who.org](http://www.who.org).
4. Hudak, P. F., 2010. Nitrate, Arsenic and Selenium Concentrations in the Pecos Valley Aquifer, West Texas, USA. International Journal of Environmental Research, Vol. 4(2), pp. 229-236.
5. Jeong, Y., Fan, M., Singh, S., Chuangd, C.L., Saha, B., Leeuwenb, J.H., 2007. Evaluation of iron oxide and aluminum oxide as potential arsenic (V) adsorbents. Chemical Engineering and Process, Vol. 46, pp.1030-1039.
6. Haque, N., Morrison, G., Aguilera, I.C. Torresdey, J.L.G., 2008. Iron-modified light expanded clay aggregates for the removal of arsenic(V) from groundwater. Microchemical Journal, Vol. 88, pp.7-13
7. Barati, Amir Houshang, 2004, Investigation of rural drinking water resources based on national standard parameters in Bijar and Qorveh counties of Kurdistan province, Vice-Department of Research, University of Kurdistan.
8. Rastad, Ebrahim et al., "Origin of antimony, arsenic and gold deposits in the Dash-e Kasen volcano-plutonic complex (East Qorveh, Kurdistan province)", Quarterly Scientific-

بسیاری از مطالعات جهت حذف آرسنیک از فسفات استفاده گردد. به عنوان مثال در مطالعه ای که در سال ۲۰۱۰ توسط Giacomino و همکاران صورت پذیرفت از بین محلول‌های مختلف برای استخراج آرسنات از خاک از محلول حاوی فسفات استفاده گردید که دلیل این کار را ساختار مشابه آنها ذکر کرده‌اند (به عنوان مثال هر دو اکسی آنیون تترا هدرال هستند). آنها همچنین نشان دادند که حضور یون‌های فسفات نیز ممکن است جذب مجدد آنیون‌های آرسنیک استخراج شده را بر روی کانی‌های خاک کاهش دهد (۱۴).

همچنین Cai نیز در بررسی ارتباط آرسنیک و فسفات نشان داد که وجود مقادیری فسفات در محلول موجب جداسازی آرسنیک از کانی‌هایی که در تماس با آب زیرزمینی هستند شده و در نتیجه سبب تسهیل آزادسازی آرسنیک در محلول می‌شود (۱۵).

داونپورت و پریا (۱۹۹۱) نیز طی مطالعات ستونی به بررسی اثر کود فسفات بر روی آبشویی آرسنیک در یک خاک آلوده پرداختند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از کودهای فسفات در خاک‌های آلوده به طور موقت دسترسی زیستی آرسنیک و آلودگی آب‌های زیر زمینی به این عنصر را افزایش می‌دهد (۱۶).

در تحقیقی دیگر کاو و همکاران (۲۰۰۳) اثر فسفات بر روی تحرک آرسنیک در خاک و جذب آن به وسیله سرخس (*Pteris vittata L*) را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که فسفات به طور معنی‌داری جذب آرسنیک توسط گیاه در خاک را افزایش می‌دهد، ضمن آنکه اصلاح کننده‌های فسفات نیز آبشویی آرسنیک در خاک را ترغیب می‌کنند (۱۷).

در مطالعه دیگری که توسط یانشان و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد اثر فسفات بر روی حلالیت و دسترسی زیستی آرسنیک در خاک‌های آلوده مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد اضافه کردن فسفات قابلیت انحلال آرسنیک در خاک را بطور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۱۸).

در رابطه با همبستگی قوی آرسنیک و پتاسیم، می‌توان اذعان داشت که این امر نشان دهنده تعامل زیاد آب/سنگ در منطقه مورد مطالعه است و می‌توان افزایش این یون‌ها را تأثیر سازندهای زمین شناسی و کانی‌های آرسنیک دار دانست (۱۹).

در حقیقت همبستگی قوی آرسنیک با پتاسیم می‌تواند در نتیجه فرایندهای هیدروشمی مانند آبکافت فلدسپارهای قلیایی باشد که با دگرسانی‌های شدید سیلیسی، آرژیلیک و سرسیتی همراه بوده و سبب افزایش این یون‌ها در منابع آب شده است (۲۰). پتاسیم از هوازدگی آتشفشانی‌ها و توف‌های آتشفشانی مشتق می‌شود و اگر چه همبستگی بالایی با

- Research Journal of Earth Sciences, Winter 2000, Year 9, No. 37 and 38.
9. Souiri, Babak et al., "Range estimation of the probability of arsenic presence in some calcareous soils of Qorveh plain using logistic regression", Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 2013, Volume 27, No. 2.
  10. Rasmussen, L., Anderson, K. J., Environmental Health and Human Exposure Assessment, DHI Water & Environment, Denmark, chapter 2 in: United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water, 2001, [www.who.org](http://www.who.org).
  11. Iranian Institute of Standards and Industrial Research, National Standard for Drinking Water – Physical and Chemical Properties, No. 1053, Fifth Revision.
  12. Manning, BA., Goldberg, S., 1996. Modeling competitive adsorption of As (V) with phosphate and molybdate on oxide minerals. Soil science society of America Journal, Vol. 60, pp.121-131.
  13. Suri, Babak et al., "Investigation of the effect of ammonium phosphate fertilizer on arsenic leaching in calcareous soils using soil columns," Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 2014, Volume 28, Number 4.
  14. Giacomino, A., Malandrino, M., Abollino, O., Velayutham, M., Chinnathangavel, T., Mentasti, E., 2010. An approach for arsenic in a contaminated soil: speciation fractionation, extraction and effluent decontamination. Environmental pollution Journal, Vol. 158, pp. 416-423.
  15. Cai, X., 2003. Arsenic trioxide-induced mitotic arrest and apoptosis in acute promyelocytic leukemia cells. Leukemia Journal, Vol. 17, pp.1333–1337.
  16. Davenport, J. R., Peryea, F. J. 1991. Phosphate fertilizers influence leaching of lead and arsenic in a soil contaminated with lead arsenate. Water, Air and Soil Pollution Journal, Vol. 57, pp. 101-110.
  17. Cao, X., Ma, L., Q. Shiralipour, A. 2003. Effects of compost and phosphate amendments on arsenic mobility in soils and arsenic uptake by the hyperaccumulator, *Pteris vittata* L. Environmental Pollution Journal, Vol.126, pp.157–167.
  18. Yanshan, C., Xin, D., Liping, W., Willem, H., Van, R. 2010. Assessment of in situ immobilization of lead (Pb) and arsenic (As) in contaminated soils with phosphate and iron: solubility and bioaccessibility. Water Air Soil Pollution Journal, Vol.213, pp.95–104.
  19. Asghari Moghadam, Asghar et al., "Investigation of arsenic anomaly and its possible origin in the groundwater of Khoy Plain", Quarterly Scientific-Research Journal of Earth Sciences, Winter 2014, Volume 24, Issue 94.
  20. Kouras, A., Katsoyiannis, I., Voutsas, D., 2007. Distribution of Arsenic in groundwater in the area of Chalkidik, Northern Greece. Journal of Hazardous Materials, Vol.147, pp.890-899.
  21. Asghari Moghadam, Asghar et al., "Origin of arsenic and its release in groundwater resources of the Chahardoli plain, Kurdistan province", Quarterly Scientific-Research Journal of Earth Sciences, Spring 2016, Volume 25, No. 99.