مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره شش، شهریورماه ۱۴۰۲ (۱۳۴-۱۲۱)

بررسی تاثیر پارامترهای ژئومورفیک و هیدرولوژیک در آلودگی آب ارتفاعات جغتای (با تاکید برآرسنیک)

موسی الرضا لطفیان[1*]

m.lotfian49@yahoo.com

ابوالقاسم امیر احمدی[2]

علی اکبر شایان یگانه[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۴**

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی آب ها به عنصر سمی آرسنیک دارای دو منشأ زمین زاد و بشر زاد می باشد. وجود لایه ها و واحدهای زمین شناسی غنی از آرسنیک محلول در آب می تواند سبب آلودگی آب های زیر زمینی و سطحی شود. بالا بودن غلظت آرسنیک از حد مجاز آن در آب ۱۰ میلی گرم در لیتر، می تواند موجب اختلالاتی در سلامتی انسان ها و همچنین بروز سرطان شود.

روش بررسی: در این تحقیق از منابع آب سطحی و زیرزمینی در ۱۰ ایستگاه واقع در دو یال شمالی و جنوبی ارتفاعات جغتای در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ نمونه برداری آن جام شد. سپس نمونه ها برای آنالیز به آزمایشگاه آنالیز شیمی دانشگاه فردوسی مشهد ارسال شد و با استفاده از روش طیف سنج جذب اتمی آنالیز های مورد نظر انجام گرفت.

یافته ها: معلوم شد اولاً لیتولوژی منطقه درکیفیت آب توآن استه تاثیر بگذارد، به طوری که غلظت آرسنیک در نمونه ها بین ۱/۹ تا ۶/۷ میلی گرم درلیتر متغیر است؛ ثانیاً جهت شیب لایه زمین شناسی بر میزان آلودگی آب به آرسنیک تاثیر داشته است و بر این اساس بیش ترین غلظت آرسنیک در دامنه شمالی و در جهت شیب لایه زمین شناسی ثبت شده است؛ ثالثاً میزان آرسنیک محلول در آب با pH آب رابطه مستقیمی ندارد.

بحث و نتیجه گیری: بر این اساس می توان نتیجه گرفت که غلظت آرسنیک در نمونه های انتخابی در حد مجاز می باشد و لیکن نوساناتی در میزان آرسنیک محلول در آب مشاهده می شود.

واژه‌های کلیدی: آرسنیک، غلظت، کیفیت آب، spss .

۱- کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، گروه اقلیم و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، شهر سبزوار، کشور ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانشیار ژئومورفولوژی، گروه اقلیم و ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، شهر سبزوار، کشور ایران.

۳- دکترای ژئومورفولوژی، گروه آموزش ابتدایی، مرکز علامه طباطبایی، دانشگاه فرهنگیان، شهر سبزوار، کشور ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No. 6, September 2023

The effect of geomorphic parameters and hydrologic Joghatai ranges on the Contamination Water (with having a streson Arsenic)

Mosarreza Lotfian[1*]
m.lotfian49@yahoo.com
Abolghasem AmirAhmadi[2]
Ali Akbar Shayan Yeganeh[3]

Admission Date: April 24, 2023 Date Received: March 7, 2023

Abstract

Background and Objective: Water contamination with the toxic arsenic element comes from two sources of human and Earth. The layers and water-soluble arsenic-rich geological units can contaminate both ground and surface water sources. The high concentration of arsenic in water limit of 10 milligrams per liter higher than its standard amount can cause disruptions in human health as well as creating cancer.

Material and Methodology: In this study, samples of surface and ground water resources at 10 stations in northern and southern Vial located in highlands of Joghtay were gathered in April 2014. Then the samples were sent to Laboratory of Mashhad Ferdowsi University to analyze chemically. The analysis was planned to be done by atomic absorption spectrometry method.

Findings: This shows that: (1) The litology of the region has affected the water quality, so that the arsenic density varies from 1.9 to 6.7 m/l. (2) The direction of the slope of Geology layers has affected on the arsenic contamination of water and based of this consumption the highest concentrations of arsenic is in the northern slopes and in the direction of slope Geology layers which has been recorded. (3) Arsenic dissolved in water has no direct correlation with pH.

Discussion and Conclusion: It concluded that the arsenic density in the selected samples were at the standard level. But some fluctuations were seen in the water-soluble arsenic.

Keywords: Arsenic, density, water quality, spss.

1- Master of Natural Geography (Geomorphology), Department of Climate and Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar City, Iran *(*Corresponding Author*)
2- Professor of Geomorphology, Department of Climate and Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar City, Iran.
3- PhD in Geomorphology, Elementary Education Department, Allameh Tabatabai Center, Farhangian University, Sabzevar, Iran.

مقدمه

آرسنیک از شبه فلزات کمیاب در پوسته جامد زمین بوده و از لحاظ فراوانی دارای بیستمین رتبه در پوسته زمین، چهاردهمین در آب دریا و دوازدهمین در بدن انسان است (۱). غلظت آرسنیک در آب های طبیعی بسیار متفاوت بوده و کم تر از ۰/۵ تا بیش تر از μgrL^{-1} ۵۰۰۰ متغیر می باشد (2). انسان از راه های مختلف مانند آلودگی هوا، تخلیه پساب ها استفاده از آلاینده های شیمیایی در صنعت کشاورزی، کاربری اراضی و فرسایش خاک ها بر کیفیت آب اثر می گذارد(۳). وجود لایه ها و واحدهای زمین شناسی غنی از آرسنیک محلول در آب می تواند سبب آلودگی آب های زیرزمینی و سطحی شود. آلودگی آب به عنصر سمی آرسنیک می تواند دارای دو منشأ زمین زاد و بشر زاد باشد (۴). آرسنیک شایع ترین آلاینده معدنی پس از سرب به شمار می رود (۵). کلمن(۱۹۹۷) انواع دگرگونی های موجود در افیولیت ها را به دو دسته خارجی و داخلی تقسیم نموده است. در اثر هجوم سیالات گرمابی حاوی Co_2 تحت تأثیر فرایند کربناته شدن بر روی سرپانتینیت ها، لسیتونیت ها (سنگ های کوارتز کربناته) تشکیل شده اند (۶). به طور کلی خاک هایی که از سرپانتنیت ها منشاء می گیرند نسبت به دیگر سنگ ها بالاترین مقدار عناصر سنگین را دارا می باشند (۷). تحقیق جین(۲۰۰۳)، در کشور بنگلادش مشخص نموده که چاه های موجود در یک روستا می تواند به طور گسترده ای دارای غلظت های متفاوتی از آرسنیک باشد (۸). لیو و ویولانت (۲۰۰۱)، نشان دادند کربن آلی و آنیون فسفات نیز عواملی برای تثبیت آرسنیک و ترغیب تشکیل آرسنات در خاک هستند که موجب جلوگیری از جذب آرسنیک توسط گیاهان و همچنین آبشویی آن می شوند (۹). ترکیبات غیرآلی آرسنیک برای انسان سرطان زا بوده (10) و مطالعات مختلف ارتباط معنی دار بین غلظت بالای آرسنیک درآب آشامیدنی و سرطان های کبد، سوراخ بینی، ریه، پوست و مثانه در مردان و زنان و پروستات و کبد در مردان را مشخص نموده است(۱۱). کروین(۱۹۹۹) رابطه تشکیل ارسنات با بافت خاک را مورد بررسی قرار دادند (۱۲). در پژوهشی که بر روی میزان آرسنیک در آب های زیرزمینی حوزه آبخیز ویلامت[1] در اورگون[2] آمریکا توسط سازمان زمین شناسی آمریکا انجام گرفت، وجود آرسنیک در آب‌های زیر زمینی، به وجود اکسیدهای آهن در منطقه ربط داده شد. شرایط احیا و غلظت بالای آهن محلول باعث انحلال اکسیدهای آهن می شود و متعاقب آن رهاسازی آرسنیک انجام می گیرد(۱۳). آناوار (۲۰۰۳) در آب های زیرزمینی بنگلادش رخدادهای ژئوشیمیایی آرسنیک را مورد مطالعه قرار داده است. در این مطالعه به منظور بررسی شرایط ژئوشیمیایی آکیفر زیرسطحی، منبع آرسنیک و مکانیزم آزادشدن آرسنیک در آب زیرزمینی بنگلادش پارامترهای آرسنیک کل، کربن آلی حل شده، آهن، آنیون ها و کاتیون های اصلی در آب چاه ها که برای آشامیدن مردم به کار می‌رفتند، اندازه گیری شدند. غلظت آرسنیک در آب زیرزمینی از ۰/۰۳ تا ۰/۷۵ mg/l متغیر بود که از حداکثر حد مجاز آرسنیک تعیین شده برای آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی (۰/۰۱ mg/l)و بنگلادش (۰/۰۱ mg/l) تجاوز کرده است(۱۴). نتایج بررسی تحرک آرسنیک در آب های زیرزمینی منطقه ای در کشور سوئد نشان داد غلظت آرسنیک بین زیر حد تشخیص (۰/۵ µg/l ≤) و ۳۰۰ µg/l متغیر بوده است. آنالیزهای آماری نشان دادند که آب زیر زمینی با میزان آرسنیک بالا و سنگ آتشفشانی قلیایی همبستگی دارند، در حالیکه غلظت پایین آرسنیک با سنگ های رسوبی ارتباط دارد(۱۵). السوبیح[3] و همکاران (۲۰۲۱) میزان آرسنیک را در آب های زیر زمینی سه منطقه صنعتی دهلی نو بررسی نمودند و در نهایت نشان دادند این سه منطقه آلودگی شدید داشته و مناسب نوشیدن برای انسان نیست(۱۶). دهامیجا و جوشی[4] (۲۰۲۲) با مدل ژئواستیشنال و نرم افزار GIS خطرات آرسنیک آبهای زیر زمینی را برای حوضه گانگا هند محاسبه کرده و نشان داده اند که غرب حوضه آلودگی بیشتری دارد (۱۷).

1- Willamtte
2- Oregon
3- Alsubih
4- Dhamija, Joshi

در ایران نیز تحقیقات مشابهی صورت گرفته است. شهدادی و همکاران(۲۰۱۱)، آلودگی رسوبات جنوب شرق تهران به عناصر سمی با استفاده از روش تحلیل مؤلفه های اصلی و تعیین شاخص آلودگی را بررسی کردند (۱۸). فتحی هفشجانی و همکاران(۲۰۱۱)، در بررسی آلودگی آرسنیک در خاک های پهنه ی باختری بیجار نشان دادند که فعالیت هیدروترمال آتشفشان های جوان منطقه و ورود بخارات فرار غنی از آرسنیک به سیستم گرمابی و همچنین فعالیت چشمه های تراورتن ساز، عامل انتشار آرسنیک در خاک های این پهنه می-باشد (۱۹). نوروزی و همکاران(۱۳۹۵) با روش(RF[1]) به ارزیابی احتمالی آلودگی آرسنیک در آبهای زیر زمینی دشت ملکان پرداخته و نشان داده‌اند مقادیر زیاد آرسنیک در این منطقه منشا انسان زاد دارد(۲۰). بهبهانی نیا و فراهانی (۲۰۱۶) به بررسی منشا آلودگی منابع طبیعی به آرسنیک در توابع شهرستان هشترود، استان آذربایجان شرقی پرداخته اند. بر اساس نتایج این تحقیق آرسنیک مرتبط با منابع ژئوژنیک (زمین زاد) و فعالیت های آتشفشانی در نظر گرفته شده است. بر اساس مطالعات انجام شده می توان این مکانیزم‌ها را عامل آلودگی به آرسنیک در منطقه دانست: آزادشدن آرسنیک از واحدهای سنگی منطقه، جذب آرسنیک توسط کانی های اکسیدی تحت شرایط هوازی و اسیدی تا نزدیک به خنثی، واجذبی از سطوح اکسیدی در اثر افزایش PH به شرایط قلیایی و افزایش غلظت آرسنیک در محلول و ایجاد آلودگی (۲۱). توزنده جانی و همکاران (۲۰۱۷) احتمال آلودگی آرسنیک در آب زیرزمینی دشت همدان – بهار را با استفاده از روش‌های زمین آماری بررسی نمودند. نتایج تحقیق نشان داد حدود ۶۷ درصد آبخوان دارای احتمال آلودگی کمتر از ۵۰ درصد بوده در حالی که ۲۱/۱۸ درصد سطح آبخوان دارای آلودگی متوسط و ۱۰/۹ درصد سطح آبخوان دارای احتمال آلودگی زیاد بود (۲۲). حق پرست و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی میزان غلظت فلزات سنگین از جمله آرسنیک و میزان آلودگی در رسوبات منطقه افیولیتی آلمه جوق در شمال شرق ایران پرداخته اند. نتایج تحقیق که از روش‌های بررسی هم بستگی فلزات سنگی با ضریب پیرسون، آنالیز خوشه ای و تحلیل مولفه اصلی حاصل شده است، نشان می‌دهد که دو منشا متفاوت برای توزیعی ژئوشیمیایی فلزات به ویژه آرسنیک در رسوبات منطقه وجود دارد. ارزیابی عامل غنی شدگی نشان داد، عناصر آرسنیک و کروم در منطقه غنی شدگی شدید را نشان می دهند. این غنی شدگی منشا آنتروپوژنیک دارد (۲۳). بیک پور و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی آنومالی آرسنیک منشاهای احتمالی آن را در آب زیرزمینی مراغه بررسی نموده اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد بیشینه غلظت آرسنیک در محدوده مطالعاتی ۳۰۸/۵ میکروگرم بر لیتر و میانگین غلظت آن ۴۴ میکروگرم بر لیتر است. این تحقیق همچنین نشان می‌دهد منشاهای احتمالی آرسنیک می تواند پساب صنایع واقع در شهرک‌های صنعتی مراغه و بناب، فعالیت های کشاورزی (استفاده از سموم و حشره کش ها) و عوامل زمین شناسی (وجود سازند شمشک)، سنگ‌ها و رسوبات حاصل از فرسایش این سنگ ها و معادن زغال سنگ (خرما زرد) باشد (۲۴).

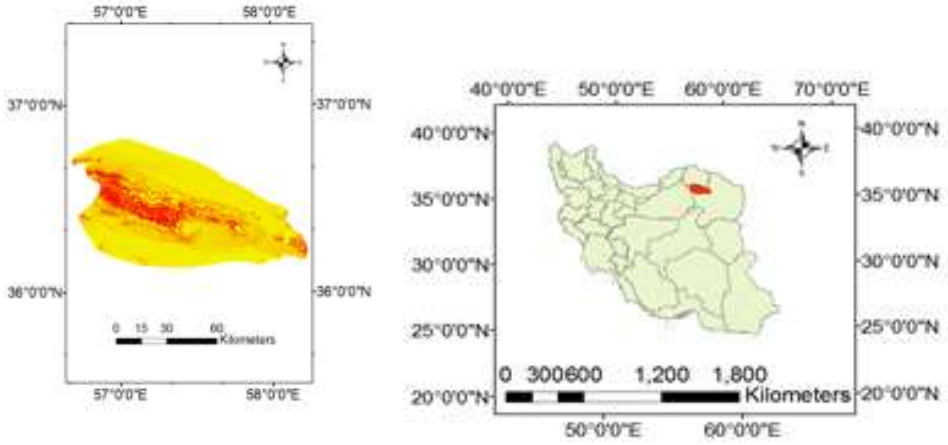
با توجه به گستردگی ساختارهای افیولیت ملانژ و شناسایی کانسارهای کرومیت دار در ناحیه شمال و شمال شرقی کشور سعی شده که با آن جام عملیات میدانی و آزمایشگاهی در دامنه ها و دشت سرهای ارتفاعات جغتای کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی در ارتباط با سنگ شناسی منطقه، با تاکید برآلودگی آرسنیک بررسی شود تا از آسیب‌های احتمالی آن بر سلامتی انسآن ها و جانداران، جلوگیری شود.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ارتفاعات جغتای در منطقه مورد مطالعه از لحاظ موقعیت ریاضی بین ′۱۰ °۳۶ تا ″۳۰ ′۳۹ °۳۶ عرض شمالی و ′۴۵ °۵۶ تا ″۳۰ ′۱۸ °۵۸ طول شرقی واقع شده است و دارای مساحتی معادل ۱۹۸۹۸ کیلومترمربع می باشد. ارتفاعات جغتای از نظر موقعیت نسبی، به موزات رشته کوه های آلاداغ به بینالود و در جنوب آن با روند شمال غرب به جنوب شرق قرار دارد و پهنای آن بین ۱۲ تا ۳۰ کیلومتر متغیر است و این ارتفاعات جداکننده دشت سبزوار از دشت جوین می باشند (شکل۱). از نظر سیاسی این منطقه از شمال به شهرستان های اسفراین و جاجرم، از

1- Random Forest

جنوب به دشت ششتمد – روداب، از مشرق به بخشی از نیشابور و از مغرب به بخش میامی شاهرود محدود می گردد (۲۰).



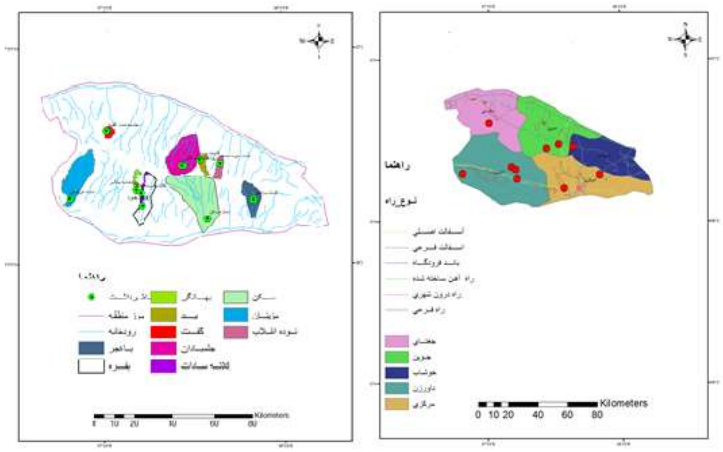
شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان خراسان رضوی (منبع:نگارندگان)

Figure1. Location of the study in Iran and Khorasan Razavi (Source: Authors)

رشته کوه جغتای روند شمال غربی به جنوب شرقی داشته و سهم قابل توجهی از سنگ های آن نیز از مواد آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی ائوسن می باشد. ولی دره ها نمونه ای از اشکال فرسایش آب در گذشته می باشد(۲۱). قسمت وسیعی از منطقه حاوی کالرملانژ، سنگ آذرین اولترابازیک، سنگ نفوذی با ترکیب حد واسط است، همچنین شامل آتشفشان های نئوژن و ائوسن و سنگ های نفوذی، بیرون زدگی های ژوراسیک پالئوژن، ائوسن، اولیگوسن، میوسن، نئوژن، پلیوسن و سنگ‌های رسوبی پلیو – پلیوستوسن، است (۲۲).

مواد و روش ها

این تحقیق ماهیتاً جزء تحقیقات عِلی می باشد و برای پی بردن به روابط علت و معلولی پدیده ی مورد نظر(در این جا بررسی تاثیر پارامترهای ژئومورفیک و هیدرولوژیک برکیفیت منابع آب) از این گونه تحقیق استفاده می شود. در این تحقیق نمونه ها از منابع آب سطحی(رودخانه) و زیرزمینی(چاه، چشمه، قنات) در اطراف معادن کروم، روی مخروطه افکنه، چشمه، قنات و چند نمونه از مناطق خارج از موارد ذکر شده به عنوان نمونه شاهد نمونه گیری شد. برای سهولت کار منطقه مورد مطالعه بر اساس شبکه آبراهه ها حوضه بندی شد و در دامنه شمالی تعداد ۴ حوضه و در دامنه جنوبی تعداد ۶ حوضه مشخص و از منابع آب هرحوضه نمونه گیری انجام گرفت. شکل(۲) تعداد حوضه ها و پراکندگی جغرافیایی نقاط برداشت شده در هر دو یال شمالی وجنوبی ارتفاعات جغتای را نشان می دهد. پس از آزمایش به مقایسه نتایج بدست آمده و تجزیه تحلیل مکانی آن پرداخته شد.



شکل۲-پراکندگی جغرافیایی نقاط برداشت(سمت راست)،حوضه بندی منطقه(سمت چپ)(منبع:نگارندگان)

Figure 2. Geographical distribution of the harvest sites (right), regional basins (left) (Source: A authors)

برای جمع آوری اطلاعات در این تحقیق ازسه روش میدانی، کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی استفاده شده است. در روش کتابخانه‌ای از کتب مختلف در این زمینه، اسناد کتبی و تصویری مانند مقالات، طرح های پژوهشی، سالنامه های آماری، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه های توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰و زمین-شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰،گزارشات شفاهی کارشناسان و صاحب نظران سایر نهادها و ادارات ازجمله، سازمان آب منطقه ای خراسان، اداره ی آب و فاضلاب شهری سبزوار، اداره ی صنایع و معادن استفاده شده است. برای دست یابی به نتایج مطلوب، لازم است که تجزیه بر روی نمونه ای انجام شود که ترکیب آن کاملا انعکاسی از ترکیب توده ماده ای باشد که این نمونه از آن انتخاب شده است. نکته قابل توجه آن است که نباید فاصله بین نمونه گیری و آنالیز زیاد باشد. در این تحقیق نمونه ها در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ به وسیله ظروف پلی اتیلن۵۰۰ میلی-لیتری برداشت شد. برای پیشگیری از تاثیر آلودگی بر روی نتایج، ابتدا ظروف با اسید نیتریک غلیظ و سپس آب مقطر شسته شد و ظروف نمونه برداری کاملاً توسط نمونه پر شد تا هوا وارد آن نگردد و تا تکمیل عملیات برداشت، نمونه ها در درجه حرارت پایین (یخچال) نگه داری و بلافاصله جهت کسب نتایج به آزمایشگاه آنالیز شیمی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل گردید و با روش طیف سنجی جذب اتمی[1]نمونه ها آزمایش شدند. برای جمع آوری داده های جغرافیایی از دستگاه موقعیت یاب زمینی[2]استفاده شد. برای استخراج نتایج از روش های آمار توصیفی و نرم افزارهای کامپیوتری - PHOTOSHOP SPSS-MICROSOFTEXCEL ARC/VIEW جهت طبقه بندی داده های آماری و خلاصه سازی اطلاعات استفاده شده است.

یافته های تحقیق

دست آورد کلی حاصل از این تحقیق نشان می دهد مقدار آرسنیک در منابع آبی انتخاب شده بین ۱/۹ تا ۶/۷ میلی گرم در لیتر متغیر است. مقایسه این داده ها با حدود استاندارد مشخص می کند که مقدار آرسنیک در همه نمونه ها کم تر از حد استاندارد است.

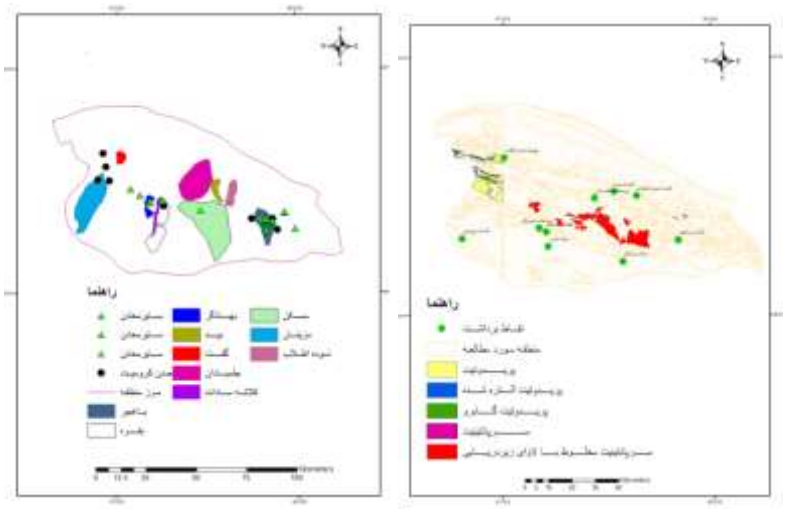
رابطه جنس زمین و میزان آرسنیک

همان طور که در شکل (۳) مشاهده می شود بیش ترین تمرکز کانی های سرپانتین نسبت به ایستگاه های برداشت، در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه می باشد و بیش ترین میزان آرسنیک در همین ناحیه ثبت شده است. بر اساس شکل (۴) در نقاطی که سازندهای سرپانتین و پریدوتیت در بالادست نقاط برداشت وجود دارند (مزینان، بها نگر،شمال مسکن، نوده انقلاب،

۱- Spectroscopy طیف سنجی جذب اتمی در شیمی تجزیه، روشی برای تعیین غلظت یک عنصر فلزی خاص در نمونه است که از آن برای تعیین غلظت بیش از ۶۲ عنصر مختلف می توان استفاده کرد.

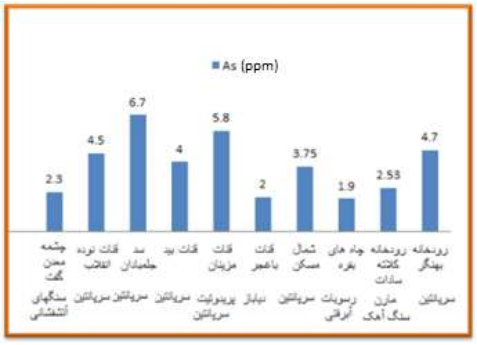
2- GPS

بید وجلمبادان) میزان آرسنیک محلول در آب افزایش بیش تری داشته است.



شکل۳- پراکندگی سازندهای سرپانتین و پریدوتیت (سمت راست)،پراکندگی معادن کرومیت(سمت چپ)درمنطقه مورد مطالعه(منبع: نگارندگان)

Figure 3. Serpentine and peridotite formations dispersion (right), scattering mines chromite (left) in study area (source: Authors)



شکل۴- نمودار رابطه جنس زمین با پراکندگی آرسنیک (منبع:نگارندگان)

Figure 4. Diagram of relationship between sex land with the distribution of arsenic (Source: Authors)

رابطه معادن کرومیت و میزان آرسنیک

تمامی معادن منطقه مورد مطالعه اعم از معادن کرومیت و سایر معادن برای مشخص شدن ارتباط عملیات معدن کاری با آلودگی منابع آب به آرسنیک نیز تعیین مکان شد. همان طور که در شکل(۳ سمت چپ) مشاهده می شود، در سرتاسر منطقه افیولیتی ارتفاعات جغتای معادن کرومیت گسترش یافته اند و تعدادی از معادن کروم در داخل حوضه های مطالعاتی وعده ای در خارج از محدوده حوضه ها قرار دارند.

درحوضه هایی که استخراج کرومیت به صورت روباز انجام گرفته(مزینان، بهانگر، شمال مسکن، جلمبادان) به دلیل آب شویی باطله های معدنی میزان آرسنیک بیش تری در منابع آب وجود دارد، حال آن که درحوضه گفت با وجود معادن متعدد کرومیت چون استخراج کرومیت، به صورت تونلی انجام می-گیرد، میزان آلایندگی آرسنیک به حداقل(۲/۳ میلی گرم در لیتر) رسیده است. چنین کاهشی در میزان آرسنیک در حوضه باغجر(۲ میلی گرم درلیتر) با وجود استخراج وسیع کروم نیز

مشاهده می شود، که به نظر می رسد، عدم گسترش کانی های سرپانتین در این حوضه در کاهش آرسنیک تاثیر گذار بوده است (جدول۱). غلظت آرسنیک در رودخانه های بهانگر (۴/۷ میلی گرم درلیتر)، کلاته سادات (۲/۵۳ میلی گرم درلیتر) و چاه بفره (۱/۹ میلی گرم درلیتر) روند نزولی نشان می دهد که به نظر می رسد بالا بودن آرسنیک در ایستگاه بهانگر به دلیل عبورمستقیم رودخانه بهانگر از لایه سرپانتین و استخراج کروم در بالا دست نقطه برداشت می باشد (شکل۳ سمت چپ). بیش ترین میزان آرسنیک در دامنه شمالی مربوط به رودخانه جلمبادان ۶/۷ میلی گرم درلیتر است. دربخش جنوبی محل برداشت، تشکیلات وسیع سرپانتین و معدن کرومیت شملق وجود دارد که عملیات استخراج کرومیت و آب شویی باطله‌های معدنی در افزایش انحلال آرسنیک موجود در این کانی ها تاثیرگذار بوده است(شکل۳سمت راست). بعد از جلمبادان در رتبه دوم، ایستگاه مزینان با ۵/۸ میلی گرم درلیتر آرسنیک در دامنه جنوبی ارتفاعات جغتای قرار دارد.

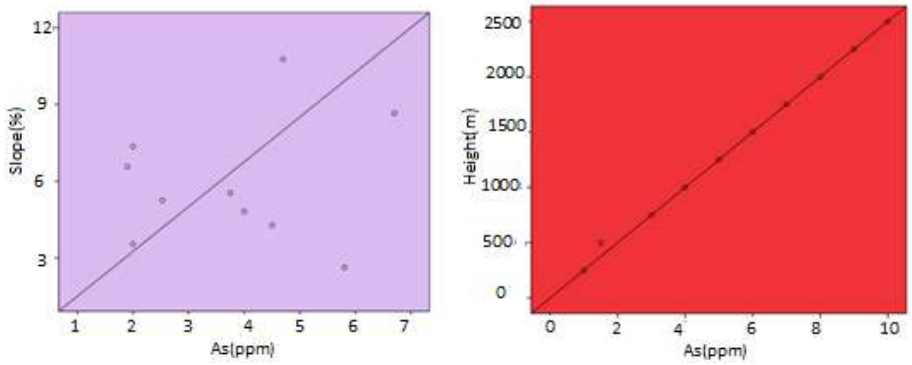
تاثیر پارامترهای ژئومورفیک و هیدرولوژیک در آلودگی آب به آرسنیک

جهت بررسی تاثیر پارامترهای ژئومورفولوژیکی شیب و ارتفاع، در آلودگی منابع آب به عنصر آرسنیک، میزان شیب و ارتفاع حوضه ها در هر دو یال شمالی و جنوبی ارتفاعات جغتای محاسبه و نتایج در جدول (۱) آورده شده است. با استفاده از spss همبستگی ارتفاع و شیب حوضه با میزان آرسنیک مشخص گردیده است.

جدول۱- مختصات و مشخصات ایستگاه های نمونه برداری و نتایج آنالیز آرسنیک منابع آب دامنه شمالی وجنوبی ارتفاعات جغتای (منبع:نگارندگان)

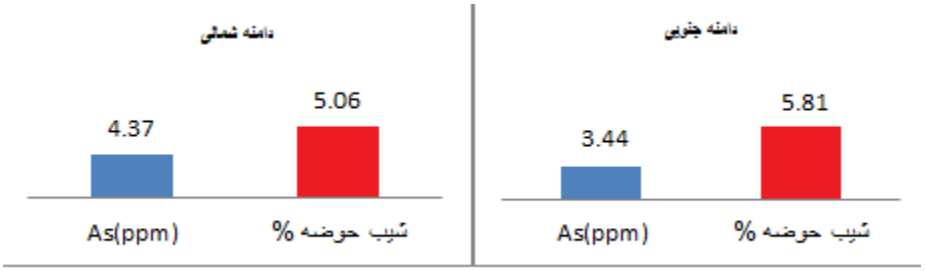
Table 1. Coordinates and characteristics of the sampling stations and analysis of arsenic water sources of north and south range of Choghatay Mountains (Source: Authors)

حوضه برداشت	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	دامنه	ارتفاع (متر)	pH	شیب حوضه به درصد	آرسنیک (پی پی ام)	حد استاندارد آرسنیک
رودخانه بهانگر	°۳۶,۲۰ʹ,۳۱"	°۵۷,۱۰ʹ,۳۴"	جنوبی	۱۲۲۸	۸/۵	۹/۱۷	۴/۷	۱۰میلی گرم درلیتر
رودخانه کلاته سادات	°۳۶,۱۹,ʹ۳۷"	°۵۷,۱۲,ʹ۲۹"	جنوبی	۱۲۰۹	۸/۶	۵/۵	۲/۵۳	۱۰میلی گرم درلیتر
چاه بفره	°۳۶,۱۶,ʹ۱۹"	°۵۷,۱۳,ʹ۲"	جنوبی	۱۰۲۱	۸/۲	۶/۳۷	۱/۹	۱۰میلی گرم درلیتر
شمال مسکن	°۳۶,۱۲,ʹ۴۲"	°۵۷ʹ,۳۱ʹ,۱۹"	جنوبی	۹۴۴	۷/۷	۵/۶۹	۳/۷۵	۱۰میلی گرم درلیتر
قنات باغجر	°۳۶,۱۷,ʹ۳۹"	°۵۷,۵۰,ʹ۱۸"	جنوبی	۱۲۴۹	۸/۶	۴/۳۶	۲	۱۰میلی گرم درلیتر
قنات مزینان	°۳۶,۱۸ʹ,۲۸"	°۵۶,۴۸ʹ,۲۹"	جنوبی	۸۲۸	۸/۲	۳/۷۵	۵/۸	۱۰میلی گرم درلیتر
میانگین دامنه جنوبی				۱۰۷۹	۸/۳	۵/۸۱	۳/۴۴	۱۰میلی گرم درلیتر
قنات بید	°۳۶,۲۸,ʹ۵۹"	°۵۷,۳۱ʹ,۵۳"	شمالی	۱۳۸۴	۷/۹	۳/۹۱	۴	۱۰میلی گرم درلیتر
سد جلمبادان	°۳۶,۲۷ʹ,۲۹"	°۵۷,۲۶,ʹ۲۴"	شمالی	۱۶۷۵	۸/۲	۴/۳	۶/۷	۱۰میلی گرم درلیتر
قنات نوده انقلاب	°۳۶,۲۷ʹ,۵۹"	°۵۷,۳۶,ʹ۲۹"	شمالی	۱۳۷۴	۷/۹	۵/۱۵	۴/۵	۱۰میلی گرم درلیتر
چشمه معدن گفت	°۳۶,۳۶ʹ,۵۱"	°۵۷,۱۰,ʹ۳۱"	شمالی	۱۶۳۴	۸/۴	۶/۹	۲/۳	۱۰میلی گرم درلیتر
میانگین دامنه شمالی				۱۵۱۶	۸/۱	۵/۰۶	۴/۳۷	۱۰میلی گرم درلیتر



شکل۵- رگرسیون ارتفاع (سمت چپ)، شیب حوضه(سمت راست) با میزان آرسنیک (منبع: نگارندگان)

Figure 5. The regression of height (left), slope basin (right) with arsenic (Source: Authors)



شکل۶- نمودار میانگین شیب دامنه شمالی و جنوبی با آرسنیک (منبع: نگارندگان)

Figure 6. Diagram of average slope of North and South with arsenic (Source: Authors)

همان طور که نمودار شکل(۶) نشان می دهد، میانگین شیب حوضه ها در دامنه جنوبی(۵/۸۱) درصد، بیش تر از دامنه شمالی(۵/۰۶) درصد است، در حالی که میزان آرسنیک دامنه شمالی(۴/۳۷) میلی گرم در لیتر بیش تر از دامنه جنوبی(۳/۴۴) میلی گرم در لیتر می باشد، که در توجیه این مساله می توان گفت، عموماً در هر حوضه صرف نظر از تاثیر سایر عوامل ژئومورفولوژیکی نظیر جنس زمین، بافت و ذرات خاک، شرایط اقلیمی، تکتونیک و عوامل اکولوژیکی مانند فعالیت های انسانی شامل فعالیت های کشاورزی و صنعتی، متناسب با افزایش شیب حوضه، میزان آرسنیک کاهش می یابد که این نتیجه می تواند مبین این مطلب باشد که در شیب های زیاد، آب قادر نیست در زمین نفوذ کند، ولی توانایی آن در شستن خاک و کندن زمین و در نتیجه غیر قابل نفوذ کردن آن زیاد می شود، درحالی که با کاهش شیب، قابلیت نفوذ آب در زمین افزایش پیدا می کند و شبکه هیدروگرافی فرصت بیش تری برای انحلال سنگ های حاوی آرسنیک پیدا کرده و آلودگی بیش تری در منابع آب ایجاد می کند.

کاهش شیب توپوگرافی، قابلیت نفوذ پذیری را افزایش داده و این مساله باعث شده تا میزان آرسنیک در سفره آب های زیرزمینی ایستگاه های مزینان و نوده انقلاب - با وجودی که در فاصله دورتری از ارتفاعات جغتای و بر روی دشت و مخروط افکنه قرار دارند - افزایش یابد، به طوری که جریان آب های سطحی و زیرزمینی از ارتفاعات به سمت این ایستگاه ها حرکت کرده و در مسیر خود باعث فرسایش سنگ های سرپانتین و انتقال آرسنیک جدا شده از این سازندها به منابع آب شده است. همان طور که از شکل(۵) پیداست بین دو متغیر ارتفاع و میزان آرسنیک همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد و در تحلیل رگرسیون ارتباط بین این دو متغیر از نوع خطی است و مقدار هر یک از این دو متغیر را می توان برحسب دیگری پیش بینی و برآورد کرد. تحلیل رابطه توپوگرافی و آرسنیک به وسیله جدول(۱) نشان داد که بیش ترین میزان آرسنیک

مربوط به ایستگاه جلمبادان ۶/۷ میلی گرم درلیتر در ارتفاع ۱۶۷۵ متری وکم ترین میزان آرسنیک مربوط به ایستگاه بفره ۱/۹ میلی گرم درلیتر در ارتفاع ۱۰۲۱ متری می باشد. در مورد رابطه میزان آرسنیک با میانگین ارتفاع نقاط در نمونه های برداشت شده از آب زیرزمینی و سطحی بررسی جدول(۱) نشان داد؛ میانگین ارتفاع نقاط در نمونه های برداشت شده از آب زیرزمینی دامنه شمالی (بید، نوده انقلاب) ۱۳۷۹ متر و میانگین ارتفاع نقاط در نمونه های برداشت شده از آب زیرزمینی دامنه جنوبی (مزینان، بفره، شمال مسکن، باغجر) ۱۰۱۰ متر می‌باشد که این مقادیر ارتفاعی با متوسط آرسنیک در آب های زیرزمینی دامنه شمالی ۴/۲۵ میلی گرم درلیتر، و دامنه جنوبی۳/۳۶ میلی گرم در لیتر رابطه مستقیم دارد، یعنی با افزایش ارتفاع از سطح دریا بر میزان آرسنیک آب های زیرزمینی افزوده می شود. علاوه بر این میانگین ارتفاع نقاط در نمونه های برداشت شده از آب سطحی دامنه شمالی (گفت، جلمبادان) ۱۶۵۴ متر و میانگین ارتفاع نقاط در نمونه های برداشت شده از آب سطحی دامنه جنوبی (بهانگر، کلاته سادات) ۱۲۱۶ متر است و نظر به این که میانگین آرسنیک در نمونه های آب های سطحی دامنه شمالی (گفت، جلمبادان) ۴/۵ میلی گرم درلیتر و در نمونه های آب های سطحی دامنه جنوبی(بهانگر، کلاته سادات) ۳/۶ میلی گرم درلیتر برآورد شد، بنابراین می توان نتیجه گرفت که بین ارتفاع از سطح دریا در نمونه های آب های سطحی با میزان آرسنیک در آب های سطحی رابطه مستقیم وجود دارد.

در مورد تاثیر پارامتر هیدرولوژیک در میزان آلودگی به آرسنیک با توجه به شکل (۷) می توان گفت رودخانه هایی که در حوضه های بید و نوده انقلاب جریان دارند، به دلیل این که از مجاورت و امتداد سازند های سرپانتین عبور می کنند، توانسته اند در انحلال کانی های افیولیت ملانژ در این دو حوضه تاثیر داشته و باعث افزایش غلظت آرسنیک به ترتیب به میزان ۴/۵ و ۴ میلی گرم در لیتر شوند. در این ناحیه غلظت آرسنیک در جهت شیب توپوگرافی جریان آب افزایش یافته و با اضافه شدن سایر جریانات آبی و عبور از مناطق کالرد ملانژ بر غلظت آن افزوده می شود. میزان غلظت آرسنیک قنات مزینان در دامنه جنوبی ۵/۸ میلی گرم در لیتر می باشد(شکل۳ سمت راست). رودخانه های متعدد از جمله رودخانه داورزن و قنات های زیادی که در روی مخروط افکنه این حوضه حفر شده، آب های سطحی و زیرزمینی را در جهت شیب توپوگرافی به سمت دشت و نقطه برداشت زهکشی می کند، و به دنبال شستشوی این سازندها آرسنیک از این سنگ ها جدا شده و وارد منابع آبی شده و مسیر طولانی بین منطقه تغذیه و منطقه برداشت را طی می کند، وجود رسوبات ریز دانه در این ناحیه و جذب به وسیله اکسی - هیدروکسیدهای آهن می تواند یکی از علل کاهش غلظت آرسنیک به سمت انتهای دشت باشد.

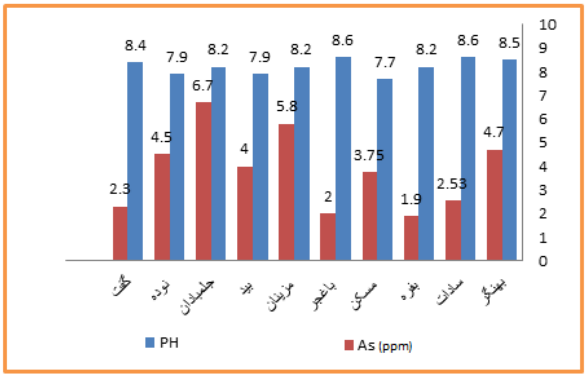
شکل۷- نقشه رودخانه های منطقه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

Figure 7. Rivers's map of the study area (source: Authors)

میزان pH وآلودگی منابع آب به آرسنیک

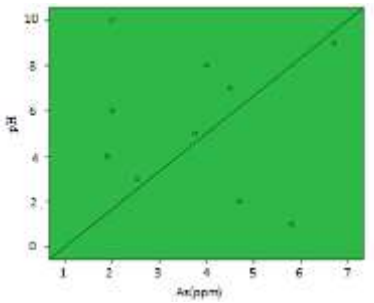
آب های برداشت شده دارای pH قلیایی بوده و محدوده pH بین ۷/۷ و ۸/۶ است و تغییرات زیادی بین pH در ایستگاه های نمونه برداری شده وجود ندارد. به عبارت دیگر به نظرمی رسد عامل pH در آزاد شدن اتم آرسنیک نقشی ندارد. همان طور که از این شکل برداشت

می شود در بعضی نمونه ها با افزایش pH آب، میزان آرسنیک افزایش پیدا کرده و در بعضی موارد کاهش نشان می دهد. به عنوان مثال در هر۳ ایستگاه های جلمبادان، بفره و مزینان میزان pH آب یکسان و۸/۲ می باشد در حالی که مقدار آرسنیک در این ایستگاه ها به ترتیب ۱/۶،۹/۷و ۵/۸ میلی گرم درلیتر اندازه گیری شده است (نمودار شکل ۸). بنابراین نمی توان به طور کلی بیان داشت که به تبع افزایش یا کاهش pH آب، آرسنیک نیز افزایش یا کاهش پیدا می کند. نمودار شکل (۹) رگرسیون میزان pH آب و میزان آلودگی آب به آرسنیک را در نقاط نمونه برداری شده نشان می دهد. در این رابطه رگرسیون عدد قابل توجهی را نشان نمی دهد، به طوری که در بعضی از موارد با pH یکسان، میزان آرسنیک متفاوتی مشاهده می شود.



شکل۸- نمودار میزانpH ومیزان آرسنیک (منبع: نگارندگان)

Figure 8. Charts the pH level of arsenic (Source: Authors)



شکل۹- رگرسیون میزان pH و آرسنیک (منبع: نگارندگان)

Figure 9. Regression of pH and arsenic (Source: Authors)

بحث و نتیجه گیری

به طور کلی، کیفیت منابع آب تحت تاثیر عواملی هم چون جنس سازندهای زمین شناسی، بافت و اندازه ذرات آبرفت، وضعیت هیدرودینامیک آبخوان و شرایط اقلیمی قرار دارد. با توجه به گستردگی سازندهای افیولیتی در منطقه مورد مطالعه و میزبانی این سازندها برای ذخایر آرسنیک، در این تحقیق تاثیر پارامترهای ژئومورفولوژیکی هم چون جنس زمین، توپوگرافی، شیب، و pH آب در آلودگی منابع آب به عنصر آرسنیک مورد بررسی قرار گرفت. دستاورد کلی حاصل از این

تحقیق نشان می دهد که بیش ترین تمرکز کانی های سرپانتین در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه می باشد و بیش ترین میزان آرسنیک نیز در همین ناحیه ثبت شده است، که این مساله می تواند ارتباط جنس زمین با آلودگی آرسنیک در منابع آب را نشان دهد. در حوضه هایی که سازندهای سرپانتین و پریدوتیت در بالادست نقاط برداشت وجود دارند (مزینان، بهانگر، شمال مسکن، نوده انقلاب، بید و جلمبادان) مقدارآرسنیک محلول در آب بیش تر است. میزان غلظت آرسنیک در نزدیک معادن کروم که درداخل سازندهای سرپانتین قرار دارند (جلمبادان، بهانگر) بیش تر می باشد، و هر چه از معادن موجود در داخل این سازندها فاصله می گیریم میزان آرسنیک در آب کم تر می شود. میانگین آرسنیک موجود در آب های زیرزمینی دامنه های شمالی نسبت به دامنه های جنوبی بیشتر است، این موضوع می تواند به دلیل شیب لایه های زمین شناسی باشد. میانگین آرسنیک موجود در آب-های سطحی دامنه های شمالی نسبت به دامنه های جنوبی بیشتر است، این موضوع می تواند به دلیل ارتفاع زیاد و به تبع آن بارندگی و شستشوی بیش تر سازندهای سرپانتین دامنه شمالی باشد. شیب لایه های زمین شناسی، جهت حرکت آب های سطحی و زیر زمینی، و پترولوژی منطقه بر پراکنش آرسنیک در آب های زیرزمینی موثر می باشد. تفاوت میزان آرسنیک موجود در منابع آب در فواصل دور از معادن در مقایسه با فاصله نزدیک به معدن خیلی چشم گیر نیست، این، می تواند حاکی از آن باشد که عنصر آرسنیک در دراز مدت تاثیر خود را بر آب گذاشته است. مقدار متوسط آرسنیک در نمونه های برداشته شده با متوسط ارتفاع از سطح دریا رابطه ای مستقیم دارد. یعنی با افزایش ارتفاع مقدار آرسنیک موجود در آب های زیرزمینی و سطحی نیز افزایش می یابد. این امر به دلیل وجود سنگ های آرسنیک دار از جمله سرپانتینیت و پریدوتیت می باشد. مقدار آرسنیک موجود در رودخانه جلمبادان در پایین دست معدن کرومیت شملق بیش از سایر نمونه ها بوده که دلیل آن را می توان استخراج روباز کرومیت و شستشوی سنگریزهای استخراجی از معدن و دفع نامناسب باطله های معدنی آن است که ممکن است در آینده مخاطراتی ایجاد کند. مقدار آرسنیک موجود در حوضه گفت با وجود معادن متعدد کرومیت، اندک می باشد،که دلیل آن استخراج تونلی کرومیت وعدم شستشوی سنگریزهای استخراجی از معدن است. حوضه بفره با وجودی که فاصله زیادی از تشکیلات سرپانتین و معادن کروم در بخش شمالی ندارد، اما دارای کم ترین مقدار آرسنیک به میزان ۱/۹ میلی گرم در لیتر است که این موضوع می تواند به دلیل افزایش درصد رسوبات ریزدانه و نقش شن های طبیعی حاوی اکسید آهن درجذب آرسنیک و ضخامت رسوبات آبرفتی به مقدار ۳۰۰ متر و طرح پخش سیلاب بر آبخوان در بالادست نقطه برداشت باشد. بین میزان pH آب و میزان آلودگی آب به آرسنیک در مناطق نمونه برداری شده رابطه معنی داری وجود ندارد به طوری که در بعضی از موارد با pH یکسان میزان آرسنیک متفاوتی مشاهده می شود. میانگین شیب توپوگرافی حوضه ها در دامنه شمالی کم تر از دامنه جنوبی است ولی میانگین آرسنیک در دامنه شمالی بیش تر از دامنه جنوبی می باشد در نتیجه شبکه هیدروگرافی فرصت بیش تری برای انحلال سنگ های حاوی آرسنیک پیدا کرده و آلودگی بیش تری در منابع آب دامنه شمالی ایجاد می کند. میزان کل غلظت آرسنیک در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه بیش تر از نواحی شرقی و غربی است که این موضوع با تمرکز بیش تر سازندهای سرپانتین در قسمت مرکزی هم خوانی دارد. بین دو متغیر ارتفاع و آرسنیک همبستگی مثبت ورابطه معنی داری وجود دارد و در تحلیل رگرسیون ارتباط بین این دو متغیر از نوع خطی است و مقدار هر یک از این دو متغیر را می توان برحسب دیگری پیش بینی و برآورد کرد. همبستگی و رابطه معنی داری بین شیب حوضه و میزان آرسنیک مشاهده نمی شود و نقاط در اطراف خط رگرسیون پراکنده شده و نمودار هیچ نظم خاصی را نشان نمی دهد. در منطقه مورد مطالعه، هیچ حوضه ای خطر جدی آلوده شدن آرسنیک را ندارد.

References

1. Mandal, B.K., Suzuki, K., 2002. Arsenic round the world: a review, Talanta, 58, 201-235.

2. Baig, J.A, Kazi, T. G, Shah, A.O, Kandhro, G.K, Afridi,H.I Arain M.B , Jamali M.K , Nusrat Jalbani, N, 2010. Speciation and evaluation of Arsenic in surface water and groundwater samples: A multivariate case study, Ecotoxicology and Environmental Safety 73 (2010) 914–923
3. Rahnama S, Khaledian M. R., Shahnazari A., Forghani A. A. 2011. geostatistically based evaluation of heavy metals concentration in groundwater resources of Central Guilan. Proceedings of the 4th Iran Water Resources Management Conference 2011; 12. (In Persian)
4. Nriagu, J.O. (1989). A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. Nature, Vol.338, pp.47–49.
5. US EPA. 2002. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms,5th Ed.US Environmental Protection Agency Office of Water, Washington DC.
6. Coleman, R.G., 1997. Ophiolites: Ancient oceanic lithosphere. springer–verlag Berlin, 229 p
7. Akbulut, M., Piskin, O. & Karayigit, A., 2006- The genesis of the carbonatized and silicified ultramafics known as listvenites: a case study from the Mihaliccik region (Eskisehir) NW Turkey. Geological Journal, 41, 557-580
8. Geen, V., 2003. "Spatial variability of arsenic in 6000 tube wells in a 25 km2 area in Bangladesh ", Water Resources Research, 39, 1140
9. Liu, F., A. De Cristofaro and A. Violante. 2001. Effect of pH, phosphate and oxalate on the adsorption/desorption of arsenate on/from goethite. Soil Science 166: 197-208.
10. Hakan, A., Turan, N. A. 2015. Estimation of spatial distribution of heavy metals in groundwater using interpolation methods and multivariate statistical techniques; its suitability for drinking and irrigation, Environmental Monitoring and Assessment, 187: 1-13.
11. Hudson-Edwards K. A., Jamieson H. E., Charnock J. M., Macklin M.G. 2005. Arsenic speciation in waters and sediments of ephemeral floodplain pools, ríos Agrio-Guadiamar, Aznalcóllar, Spain Chem Geol, 219(1-4):175-192.
12. Corwin, D. L., A. David and S. Goldberg. 1999. Mobility of arsenic in soil from the Rocky Mountain Arsenal area. Contaminant Hydrology 39: 35-58.
13. U.S. geological Survey. 2001.As in grand water of Willamette basin, Oregon.
14. Anawar, H. M Akai, J, Komaki, K, Terao, H, Yoshioka, T, Ishizuka, T, Safiullah, S, Kato, K, 2003, Geochemical occurrence of arsenic in groundwater of Bangladesh: sources and mobilization processes, Journal of Geochemical Exploration 77, 109–131.
15. Marcus S., 2007. Mobilisation of geogenic arsenic into groundwater in Västerbotten County, Sweden, thesis of Uppsala University.
16. Alsubih, M, El Morabet, R, Abad Khan, R, Ahmad Khan, N, Haq Khan, M, Ahmed, S, Abdul Qadir & Changani , F , 2021. Occurrence and health risk assessment of arsenic and

heavy metals in groundwater of three industrial areas in Delhi, India , Environmental Science and Pollution Research volume 28, pages63017–63031.

17. Dhamija, S, Joshi, H, 2022. Prediction of Groundwater Arsenic Hazard Employing Geostatistical Modelling for the Ganga Basin, India, Water, 14, 2440. https://doi.org/10.3390/w14152440
18. Shahdadi, S, Muslempour M. A, 2011. Studying the contamination of southeast Tehran sediments with toxic elements using principal component analysis method and determination of pollution index, Journal of Environmental Science, year 37, number 60, pp137-148. (In Persian)
19. Fathi Hafeshjani, Z, Lotfi, M, Alireza S, 2018, Investigation of Arsenic Contamination in the Soils of the Western Area of Bijar, Proceedings of the 30th Earth Sciences Meeting, March 1st to 3rd, 2018, pp. 1-8. (In Persian)
20. Nowrozi, H; Nadiri, A; Asghari Moghadam, 2015. A. Investigation of arsenic contamination of Malkan Plain underground water, Ecohydrology, Volume 3, Number 2, pp. 166-151. (In Persian)
21. Behbahani Nia, A. Farahani, M., 2016. Investigating the source of arsenic contamination of natural resources in Hashtroud city, East Azarbaijan province, Environmental Science and Technology, Volume 18, Special Issue No. 2, 475-469. (In Persian)
22. Tozandeh Jani, M.; Safianian, A. r Mirghafari, N.A.; Soleimani, M., 2016. assessment of the probability of arsenic contamination in the underground water of Hamedan-Bahar plain using geostatistical methods, Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries), Volume 31, Number 3, pp. 885-874. (In Persian)
23. Haq Parast, M.; Tarshizian, H. A; Dabiri, R., Assessment of the concentration of heavy metals and the level of pollution in sediments, Alme Jouk ophiolitic region (northeast of Iran), Environmental Science and Technology, 2018. Volume 21, Number 4, 91-105. (In Persian)
24. Beikpour, Sh. Arghvan, Z, 2019. Anomaly investigation and its possible origins in the underground water of Maragheh study area, Environmental Sciences and Technology, Volume 22, Number 3, 264-254. (In Persian)