*بررسی منابع انرژی ژئوترمال*

*(چشمه‌های آب‌گرم ایوب و آب‌گرم شفا- استان خراسان شمالی)*

مجید کاظمی\*1، حسین محمدزاده2

1دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد.

پست الكترونيكي:majid.kazemi65@gmail.com شماره تماس:09127739157

2دانشیار و سرپرست مرکز تحقیقات آب‌های زیرزمینی(متآب)، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد.

کد و ص پ: **1436-91775**

پست الكترونيكي:mohammadzadeh@um.ac.

# چکیده

چشمه‌های آب‌گرم ایوب و شفا در شمال شهرستان بجنورد در استان خراسان شمالی واقع شده است. این چشمه‌ها در منطقه مرزی ایران با ترکمنستان بین طول جغرافیایی 57 درجه و 23 دقیقه و عرض جغرافیایی37 درجه و 53 دقیقه دارای متوسط بارندگی و تبخیر سالانه 392 و 1607 میلی‌متر می‌باشد. اقلیم منطقه خشک و سرد کوهستانی است. چشمه‌ی آب‌گرم ایوب دارای دمای سطحی 5/37 تا 5/38‌**،** متوسطpH **برابر با** 5/7،متوسط TDS **برابر با** 546 میلی گرم بر لیتر، متوسطEC **برابر با 17/1111** میکروزیمنس بر سانتی‌متر وDO برابر با 4/65 درصد در چند سانتی‌متری زیر سطح‌ می‌باشد و در ارتفاع 1287 متر از سطح دریا و ارتفاع 80 متری نسبت به رودخانه دره مجاور جریان دارد. در این چشمه رابطه DO با دما و عمق رابطه عکس و رابطه دما با عمق از سطح یک رابطه مستقیم می‌باشد. چشمه آب‌گرم شفا با متوسط درجه حرارت 36 درجه سانتی‌گراد، متوسط pH برابر با 3/7، متوسط TDS برابر با 469 میلی گرم بر لیتر، متوسط EC برابر با 5/956 میکروزیمنس بر سانتی‌متر و DO برابر با 8/18 درصد در چند سانتی‌متری زیر سطح و ارتفاع 1219 متر از سطح دریا و ارتفاع 12 متری نسبت به رودخانه جاری است. بر اساس طبقه بندی‌های موجود با استفاده از پارامترهای صحرای EC و TDS چشمه‌های آب‌گرم ایوب و شفا از نوع آب شیرین‌(fresh water) و بر اساس پارامتر T به ترتیب از نوع آب‌گرم و ژئوترمال و ولرم می‌باشد. چشمه‌ی شفا شاخه­ی فرعی از مجرای اصلی تغذیه کننده چشمه‌ی آب‌گرم ایوب است. چشمه آب‌گرم ایوب تقریبا حاوی گازهای دی‌اکسیدکربن به مقدار25/9 میلی‌گرم بر لیتر و هیدروژن سولفوره به مقدار اندک است و منشاء آن ها در حال بررسی است. چشمه‌های آب گرم ایوب و شفا با داشتن خواص درمانی و دمای قابل انتظار تا بیش از 40 درجه سانتی‌گراد می تواند در بخش ژئوتوریسم و پزشکی درمانی و سیستم گرمایش هتل‌های مورد نیاز جهت گردشگری و گلخانه های صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی**:چشمه آب‌گرم، ایوب، شفا، خراسان شمالی، ژئوترمال، پارامترهای صحرایی

# مقدمه

یکی از راه­های توسعه کشور استفاده بهینه و کارامد از منابع طبیعی (از جمله انرژی ژئوترمال) است. استفاده از انرژی ژئوترمال به جهت بومی بودن، پاک بودن و عدم همراه داشتن آلودگی‌های زیست محیطی، پایدار و تجدیدپذیر بودن، دارا بودن قابلیت جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی، ارزان بودن در دراز مدت در بسیاری از کشورهای جهان نظیر ایسلند، ایتالیا، روسیه، آمریکا، چین، ژاپن، فیلیپین، ترکیه، استرالیا، انگلستان، کره جنوبی، هلند، سوئد و نروژ ارزیابی و بهره‌برداری شده و هم اکنون برای استفاده بیشتر از این منبع خدادای بسیاری از این کشورها و حتی کشورهای جدیدی مانند جیبوتی، اریتره، رواندا، تانزانیا و اوگاندا، شیلی و پرو در حال برنامه ریزی جهت توسعه و شناسایی منابع انرژی ژئوترمال هستند. سازمان انرژی‌های نو ایران عنوان می‌دارد که میزان انرژی بدست آمده از منابع زمین گرمایی(ژئوترمال) در سال 2005 در حدود 85 گیگاوات ساعت در کشور است درحالی که در سال 2011 این عدد به حدود 205 تراوات ساعت افزایش یافته است که بیانگر رشد 10 درصدی در طی مدت 6 سال است. تعداد کشورهای استفاده کننده از منابع انرژی ژئوترمال از حدود 72 کشور دنیا‌(در سال 2005) به 78 کشور‌(در سال 2011) افزایش یافته است، که بیانگر توجه بیشتر به منابع انرژی ژئوترمال است. در ایران نیز فعالیت‌هایی توسط وزارت نیرو (سازمان انرژی های نو) جهت شناسایی و توسعه بهره‌برداری از این انرژی پاک (در منطقه‌ی مشکین شهر اردبیل) صورت گرفته است. با توجه به موقعیت زمین شناسی و فعال بودن ساختاری تکتونیک ایران قابلیت سرمایه گذاری بیشتری در این زمینه دارد، منابع انرژی ژئوترمال می‌تواند یکی از منابع قابل اعتماد برای خلق ثروت و رفاه عمومی باشد.

در این مقاله به معرفی و بررسی چشمه‌ی آب‌گرم ایوب (ایوب پیغمبر) و چشمه‌ی آب گرم شفا در استان خراسان شمالی پرداخته شده است.

# معرفی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی

منطقه مورد مطالعه چشمه‌های آب‌گرم ایوب و شفا در شمال شرق ایران، در استان خراسان شمالی، شمال شهرستان بجنورد و در منطقه مرزی کشور ایران و ترکمنستان بین طول جغرافیایی 57 درجه و 23 دقیقه و عرض جغرافیایی37 درجه و 53 دقیقه واقع شده است. این منطقه در تقسیم بندی های زمین شناسی در حوضه‌ی رسوبی، چین‌خورده کپه‌داغ قرار می گیرد. حوضه­ی رسوبی کپه داغ، بخش وسیعی از ترکمنستان و شمال افغانستان را نیز در برمی‌گیرد‌(افشارحرب، ع. 1373). آب و هوای منطقه با استفاده از داده‌های آماری موجود و طبق روش دومارتن و آمبرژه خشک سرد و کوهستانی است. متوسط دمای سالیانه 4/10 درجه سلیسیوس برای یک دوره‌ی آماری40 ساله با گرم‌ترین و سردترین ماه‌های بترتیب تیرماه و اسفندماه است. متوسط میزان بارندگی و تبخیر در منطقه بترتیب برابر با 392 و 1607 میلی‌متر برای یک دوره‌ی آماری سال90-91 می‌باشد.

راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه و چشمه‌های آب‌گرم در شکل 1 آمده است.

# زمین شناسی منطقه

توالی­های دارای رخنمون در منطقه از سازند تیرگان با سن کرتاسه‌زیرین (بارمین- آپتین) به عنوان قدیمی ترین سازند زمین شناسی تا رسوبات نهشته شده‌ی کواترنری می‌باشند. در این میان سازندهای سرچشمه با سن کرتاسه‌ی زیرین‌(آپتین)، سنگانه با سن کرتاسه‌ی زیرین (آپتین- آلبین) و اتامیر با سن کرتاسه میانی (آلبین- سنومانین) نیز رخنمون دارند. رسوبات عهدحاضر نیز عمدتا در دره‌ها (رودخانه‌ها و حاشیه‌ی آن‌ها) و مخروط افکنه‌ها دیده می‌شود و اکثر آن‌ها به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده‌اند. بلندترین ارتفاعات منطقه توسط سازند آهکی تیرگان و پست­ترین آن ها نیز توسط سازند مارنی سرچشمه بواسطه ویژگی‌های سنگ‌شناسی آن‌ها ساخته شده است. سنگ شناسی سازندهای موجود‌( شکل 2) در منطقه به قرار زیر می‌باشد:

سازند آهکی تیرگان: این سازند عمدتا از آهک میکرایتی همراه با االیت تشکیل شده که بیانگر محیط کربناته کم عمق می‌باشد، رخنمون این سازند در منطقه در قسمت شرقی ناحیه مورد مطالعه و کپه داغ است و در قسمت شمال و غرب حوضه کپه داغ می‌بایست در عمق بسیار زیاد باشد که مطابق با گفته افشار حرب‌(1373) می‌باشد، این سازند در منطقه می‌تواند به‌واسطه ویژگی‌های سنگ شناسی و آثار کارستی مشاهده شده نظیر رین پیت (rain pit)، کارن‌های شیاری(cleft karen) و کفه‌های انحلالی(Kaminitza) به عنوان ناحیه تغذیه کننده چشمه‌ی آب‌گرم ایوب، چشمه‌ی آب‌گرم شفا و سایر چشمه‌ها منطقه در نظر گرفته شود.

سازند سرچشمه: این سازند درمنطقه داری سنگ شناسی مارن خاکستری روشن مایل به آبی و گاهی سبز با فرسایش مدادی است که به آن مارن مدادی نیز اطلاق می گردد. در برخی نقاط مانند دره گیفان و غرب چشمه‌ی آبگرم ایوب میان لایه هایی از آهک نازک لایه دیده می‌شود.

سازند سنگانه: این سازند در منطقه بصورت شیل خاکستری و تیره با میان لایه هایی از سیلتستون است که در آن کنکرسیون‌های حاوی آمونیت هم دیده می‌شود.

سازند آتامیر: این سازند در منطقه به صورت دو بخش دیده می‌شود که در بخش زیرین از ماسه سنگ صخره ساز و در بخش بالایی از شیل‌هایی که تقریبا سبز زیتونی رنگ هستند تشکیل شده‌اند.

شکل 1: نقشه‌ی راه دسترسی

E:\postgratuat\Term 4\my thesis\picture\راه دسترسی\Presentation1.tif

شکل2: نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه

E:\postgratuat\Term 4\my thesis\GIS thesis\ayoub\geo.tif

# معرفی چشمه های آب‌گرم ایوب و آب‌گرم شفا

چشمه­های آبگرم عموما به چشمه­هایی گفته می­شود که دمای آب چشمه حداقل در حدود 5 تا 6 درجه سانتی‌گراد از دمای متوسط سالیانه هوای محیط بیشتر باشد. در برخی منابع نیز اشاره شده است که این اختلاف درجه حرارت از دمای متوسط سالیانه هوای محیط حداقل باید 10 درجه سانتی‌گراد باشد‌(عاصم اصل، ر. 1387). با توجه به پارامترهای صحرایی اندازه‌گیری شده‌(جدول 1)، چشمه‌ی آب‌گرم ایوب با دمای سطحی 5/37 تا 5/38 (متوسط دمای سالیانه منطقه 4/10 می‌باشد)، متوسط pH برابر با 5/7، متوسط TDS برابر با 546 میلی گرم بر لیتر، متوسط EC برابر با 17/1111 میکروزیمنس بر سانتی‌متر و DO برابر با4/65 در چند سانتی‌متری زیر سطح آب و ارتفاع 1287متر از سطح دریا و ارتفاع 80 متری نسبت به رودخانه جاری در دره مجاور، بر روی تپه‌ای از جنس سازند شیلی مارنی سنگانه در راستای مرکز تاقدس پلانج‌دار آسیازو واقع شده است. شاه بیگ‌(1368) از این چشمه به عنوان یک چشمه‌ی آب‌گرم با منشاء حرارتی گسلی یاد می کند و دمای آن را 38 درجه عنوان می‌کند. محمدی در سال 1389 نیز از این چشمه به عنوان یک چشمه‌ی آب‌گرم با دمای 31 تا 38 درجه یاد نموده و آن را بیانگر یک منطقه ژئوترمال می‌داند. چشمه آب گرم شفا نیز در حاشیه همان تپه بر روی سازند شیلی مارنی سنگانه واقع شده است و متوسط درجه حرارت 36 درجه سانتی‌گراد، متوسط pH برابر با 3/7، متوسط TDS برابر با 469 میلی گرم بر لیتر، متوسط EC برابر با 5/956 میکروزیمنس بر سانتی‌متر و DO برابر با 8/18 در چند سانتی‌متری زیر سطح و ارتفاع 1219 متر از سطح دریا و ارتفاع 12 متری نسبت به رودخانه جاری در دره مجاور در راستای مرکز تاقدس پلانج‌دار آسیازو قرار دارد(جدول 1). چشمه‌ی آب گرم شفا نیز احتمال قریب به یقین یک مسیر فرعی جدا شده از کانال تغذیه کننده چشمه‌ی آب‌گرم ایوب می‌باشد.

جدول 1: پارامترهای صحرایی چشمه‌های آب‌گرم ایوب و شفا

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| EC(µs/cm) | TDS(mg/l) | DO(%) | T(cº) | pH | Date |
| چشمه آب‌گرم ایوب | | | | | |
| 1104 | 542 | - | 1/37 | 4/7 | 31/2/92 |
| 1109 | 544 | - | 1/37 | 3/7 | 31/2/92 |
| 1093 | 542 | - | 8/36 | 5/7 | 1/3/92 |
| 1120 | 549 | - | 9/37 | 5/7 | 1/3/92 |
| 1116 | 548 | - | 2/37 | 5/7 | 2/3/92 |
| 1125 | 551 | 4/65 | 8/37 | 5/7 | 4/4/92 |
| 1125 | 551 | 57 | 1/38 | 5/7 | 5/4/92 |
| 1115 | 546 | 53 | 39 | 5/7 | 5/4/92در عمق 1متری |
| چشمه آب‌گرم شفا | | | | | |
| 955 | 471 | - | 36 | 3/7 | 3/2/92 |
| 958 | 467 | 8/18 | 8/35 | 3/7 | 4/4/92 |

# مواد و روش ها

جهت بررسی اولیه‌ی شرایط چشمه‌ی آب‌گرم ایوب و شفا اقدام به برداشت پارامترهای صحرایی آب این دو چشمه‌گردید، این کار در دو بازه زمانی چند روزه و یک ماهه در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیرماه توسط دستگاه مولتی پارامتر صحرایی(VWR Handheld Multi parameter Research Meters) صورت گرفت. علاوه بر ‌این جهت بررسی گازهای موجود در چشمه‌ی آب‌گرم ایوب اقدام به انجام سنجش به روش تتیراسیون برای گازهای معمول دی اکسیدکربن و هیدروژن سولفوره موجود در چشمه‌های آب‌گرم گردید.

# نتایج و بحث

پارامترهای صحرایی‌(pH, Eh, TDS, T, EC, DO)منعکس کننده تغییرات و شرایط کلی از منابع آب زیرزمینی و سطحی هستند. برداشت این پارامترها در تصمیم گیری های بعدی جهت تعیین نحوه‌ی نمونه برداری، فواصل زمانی نمونه برداری و نوع نمونه های برداشتی تاثیر بسزایی دارد. از جمله‌ی این پارامترها می‌توان به pH, TDS, T, EC, DO اشاره نمود. DO بیانگر محتوای اکسیژن محلول در آب است و در نوع زی‌های هوازی و غیرهوازی موجود در آب موثر است و با دمای آب رابطه‌ی مستقیم دارد. EC توانایی و قابلیت انتقال جریان الکتریکی توسط محلول است که این قابلیت به میزان و نوع یون‌های موجود در آب و دمای آب وابسته است. از این عامل می توان در دسته بندی آب‌ها کمک گرفت. T بیانگر عمق سفره یا سطح ایستابی، وجود یا عدم وجود منابع گرمازا مختلف، متاثر بودن و یا عدم تاثیر از دمای منطقه‌(عرض جغرافیایی و ارتفاع منطقه) است‌(مقیمی، ه. (1385). دما تا عمقی از زمین تحت تاثیر متوسط حرارت بیرون است این عمق را ولایتی، س. (1388) در حدود 30 تا 33 متری و صداقت، م. (1382) در حدود 10 تا 20 متری از سطح زمین می‌دانند. پس از آن تا عمق 1000 کیلومتری تحت تاثیر گرادیان زمین گرمایی با نرخ یک درجه سانتی‌گراد افزایش به ازای هر 30 تا 33 کیلومتر و بعد از این عمق بصورت نمایی است (ولایتی، س. 1388). البته نقاط دارای آنومالی‌های ژئوترمال مانند نقاط دارای فعالیت آتشفشانی، مرز ورقه‌های لیتوسفر و لرزه خیز این قاعده صدق نمی‌کند. TDS بیانگر کل مواد جامد محلول در آب است اما شامل رسوبات معلق، کلوئیدها و گازهای محلول نمی‌شود‌(صداقت، م. 1382) که از آن می توان در دسته بندی آب‌ها استفاده نمود. pH این پارامتر مربوط به یون‌های هیدروژن و هیدروکسیل مولکول آب می‌باشد که مقدار این یون‌ها در آب‌های معمولی در دمای معین ثابت است‌(موسوی، س.م. و افشار، س. به نقل از قبادی، م.ح. 1389). لذا با تغییر میزان این یون‌ها شرایط آب بین حالت اسیدی، خنثی و بازی در بازه‌ی عددی صفر، 7 و 14 تغییر می‌کند، عدد 7 حالت خنثی دارد، هرچه میزان یون هیدروژن‌(H+) بیشتر شود آب به حالت اسیدی‌( عدد صفر) و چنانچه یون هیدروکسیل(OH-) افزایش یابد به حالت قلیای‌(عدد 14) نزدیک می‌شود.

وضعیت چشمه‌های آبگرم ایوب و شفا بر اساس دسته بندی‌های دمایی(موسوی، س.م. و افشار، س.1391 و مقیمی، ه. 1385) بترتیت آب‌های گرم ژئوترمال و ولرم می‌باشد بر اساس دسته بندی‌های TDS توسط Hem‌(مقیمی، ه. 1385) شیرین می‌باشد.

رابطه‌ی بین TDS و EC در چشمه‌ی آب‌گرم ایوب به صورت خطی می‌باشد‌(شکل 4). بیانگر رابطه مستقیم بین دو پارامتر است. در این رابطه ضریب هدایت الکتریکی کمتر ازضریب هدایت الکتریکی آب­های بی­کربناته‌(5/0) می‌باشد.

شکل3: رابطه بین TDS و EC در چشمه‌ی آب‌گرم ایوب

بر اساس بررسی دسته بندی­ها از نظر دمایی چشمه‌ی ایوب از نوع آب گرم یا ترمال بوده اما چشمه‌ی شفا از نوع با آب ولرم بدست آمد که این امر تایید کننده شاخه‌ی فرعی بودن چشمه‌ آب‌گرم شفا است. طبق دسته‌بندی بر اساس میزان هدایت الکتریکی هردو چشمه در محدوده‌ی آب‌های شیرین قرار می‌گیرند پس انتظار داشتن منشاء جوی آب آن ها درست است. شواهد و بازدیدهای صحرایی نشان می‌دهد که چشمه‌ آب‌گرم شفا شاخه‌ای فرعی از مجرای تغذیه کننده چشمه‌ی آب‌گرم ایوب می‌باشد و علت اختلاف آن در مقدار هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول را در کاهش دما به واسطه نحوه‌ی خروج تقریبا پراکنده و عدم متمرکز بودن و نیز گازهای محلول در چشمه‌ی آبگرم ایوب جستجو نمود، بخصوص گاز هیدروژن سولفوره و دی اکسید کربن که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم. از جهتی نوع سیستم جریان در میزان دمای آب تاثیر دارد، منظور از سیستم جریان، مجرایی یا افشان بودن و تاثیر بر سرعت حرکت آب در آن می‌باشد. در یک مسیر مجرایی بخاطر تلاطم و اصطکاک حاصله بین مولکول‌های آب دما بیشتر است. پس می توان گفت که نوع خروجی و کانال تغذیه کننده‌ی چشمه‌های آب‌گرم ایوب و شفا در دمای آن تاثیر گذار است و چشمه‌ی آب گرم ایوب از مجرای اصلی تغذیه می‌شود. علاوه بر این با افزایش عمق اندازه گیری پارامترهای DO,TDS و EC کاهش وT افزایش یافته است که این تغییرات درست است. با افزایش عمق میزان pH تغییری نداشته است. از جهت تغییرات زمانی پارامترها می‌توان گفت که علت این تغییرات را می‌توان در طی گذر از دوره تر به دوره خشک جستجو نمود که نیاز به برداشت‌های بیشتر و بررسی این اطلاعات با پارامترهای برداشت شده جدید است.

# بررسی گازهای موجود در چشمه‌ی آب‌گرم ایوب

گازها از پدیده‌های همراه در بسیاری از چشمه‌های آب‌گرم دنیاست. عمده گازهای معمول در این پدیده‌ها گازهای دی‌اکسید کربن، هیدروژن سولفوره و گازهای حاصل از مواد رادیواکتیو نظیر گاز رادون است. برای این گازها که مبین برخی اتفاقات زیرسطحی‌اند منابع و منشاء‌های مختلفی ذکر شده است. به عنوان مثال گاز دی‌اکسید کربن در چشمه‌های آب‌گرم عمدتا منشاء عمیق داشته و مرتبط با فعالیت‌های آتشفشانی جوان است. دو منشاء که می توان برای گاز دی‌اکسید کربن در آب چشمه‌های آب‌گرم در نظر گرفت منشاء‌های بایوژنیک و ترموژنیک است که بهترین روش بررسی آن استفاده از روش های ایزوتوپی مقادیر کل کربن غیرآلی(13 C TDIC δ) است(Elisa, s. et al. 2008). هیدروژن سولفوره نیز عمدتا دو منشاء آتشفشانی‌(ترموشیمیایی) و بیوشیمیایی دارد‌(عاصم اصل، ر. 1387). منشاء بیوشیمیایی آن می‌تواند در شرایط احیای و استحاله منابع حاوی گوگرد در محیط توسط برخی باکتری‌ها نظیر دی­سولفوروویبریو و دی­سولفوریکانس انجام گیرد. روش‌های معمولی که برای سنجش گازهای این‌گونه چشمه‌ها به‌کار می‌رود دو روش تتیراسیون و کروماتوگرافی گاز است. کروماتوگرافی گاز با دستگاه انجام شده و دقت و صحت بالاتری نسبت به روش تتیراسیون دارد. در روش تیتراسیون به علت فرار بودن گازها این کار بهتر است در محل چشمه و بلافاصله بعد از نمونه برداری یا در آزمایشگاه با تجهیزات کامل انجام شود. با استفاده از این روش در محل چشمه‌ی آب‌گرم ایوب اقدام به سنجش دو گاز دی‌اکسید کربن و هیدروژن سولفوره گردید.

## اندازه‌گیری گاز دی‌اکسیدکربن

جهت سنجش دی‌اکسید کربن در آب با استفاده از روش تیتراسیون میزان 100 میلی‌لیتر از آب چشمه در بشر 200 میلی لیتری برداشته شد، 6 قطره شناساگر فنیل فتالئین به آن افزوده شد متعاقب آن سود(NaOH) با مولاریته 0185/0 به نمونه اضافه گردید. در هر مرحله افزودن سود حجم افزوده شده یاداشت گردید. همزمان با افزودن سود محلول را جهت همگن شدن با ملایمت تکان می‌دهیم. افزدون سود را تا زمانی ادامه می دهیم که تا رنگ محلول‌(نمونه­ی آب) به سوسنی یا به اصطلاح رنگ پوست پیازی رسیده و برای مدت زمان تقریبا 30 ثانیه پایدار بماند. سپس با استفاده از حجم سود مصرفی و فرمول شماره 1 میزان دی اکسید کربن سنجیده می‌شود.

(1)



در این فرمول N مولاریته و V مبین حجم بر حسب میلی‌لیتر می‌باشد.

چنانچه با افزودن معرف فتیل فتالئین نمونه‌ی آب قرمز رنگ شود نشان دهنده عدم وجود دی‌اکسیدکربن در نمونه آب است(ندایی گیلارلو و همکاران. 1391)

## اندازه‌گیری گاز هیدروژن سولفوره

جهت سنجش گاز هیدروژن سولفوره در آب با استفاده از روش تیتراسیون میزان 20 میلی‌لیتر از آب چشمه در بشر 100 میلی لیتری برداشته شد، در این هنگام به میزان یک میلی‌لیتر معرف چسب نشاسته به آن افزوده و متعاقب آن با محلول ید(I 2 ) با مولاریته 001/0 تیتر گردید. در هر مرحله افزودن ید حجم افزوده شده یاداشت و در نهایت به عنوان حجم ید مصرفی در رابطه قرار می‌گیرد. همزمان با افزودن محلول ید، نمونه را جهت همگن شدن با ملایمت تکان می‌دهیم. افزدون محلول ید را تا زمانی ادامه می دهیم که تا رنگ محلول‌(نمونه­ی آب) از بی‌رنگ تا آبی کم رنگ تغییر یابد. سپس با استفاده از حجم محلول ید مصرفی و فرمول شماره 2 میزان گاز هیدروژن سولفوره محاسبه می گردد.

(2)



در این فرمول M مبین مولاریته ید و V مبین حجم بر حسب میلی‌لیتر است.(ندایی گیلارلو و همکاران. 1391)

# کاربردهای چشمه‌ی آب گرم ایوب و شفا

چشمه‌های آب‌گرم و معدنی معمولا بر اساس ویژگی‌هایی نظیر درجه حرارت، املاح و مواد معدنی موجود در آن‌ها، گازهای محلول در آن‌ها وخواص درمانی آن‌ها طبقه بندی و مورد استفاده قرار می گیرند. از جمله زمینه‌هایی که از این آب‌ها استفاده می‌شود می توان به تولید الکتریسیته، صنعت مانند تولید اسیدبوریک، سیستم‌های گرمایش برای مکان‌هایی نظیر منازل مسکونی، معابر، گلخانه‌ها و مکان‌های پرورش آبزیان، و در بخش های پزشکی و ژئوتوریسم اشاره نمود.

چشمه‌های آبگرم ایوب و شفا با داشتن خواص درمانی و دمای قابل توجه دارای قابلیت کاربرد در بخش ژئوتوریسم و پزشکی درمانی است. علاوه بر این به علت داشتن افزایش دما در عمق چشمه‌ی ایوب و داشتن انتظار دمای بیش از 40 درجه‌ی سانتی‌گراد در عمق 3 متری و دبی قابل توجه در حدود 6 لیتر بر ثانیه می‌توان از آن جهت سیستم گرمایش هتل‌های اقامتی مورد نیاز برای اسکان مسافرین در منطقه استفاده نمود که نیازمند بررسی‌های بیشتر است.

# نتایج

چشمه‌ی آب‌گرم ایوب دارای دمای سطحی 5/37 تا 5/38‌، متوسط pH برابر با 7.5، متوسط TDS برابر با 546 میلی گرم بر لیتر، متوسط EC برابر با 17/1111 میکروزیمنس بر سانتی‌متر و DO برابر با 4/65 درصد است. در این چشمه دما و عمق رابطه مستقیم داشته و به ازای هر یک متر دما در حدود یک درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و رابطه DO با عمق دما به صورت عکس می‌یابد. چشمه آب‌گرم شفا با متوسط درجه حرارت 36 درجه سانتی‌گراد، متوسط pH برابر با 3/7، متوسط TDS برابر با 469 میلی گرم بر لیتر، متوسط EC برابر با 5/956 میکروزیمنس بر سانتی‌متر و DO برابر با 8/18 درصد است. هر دو چشمه در روی تپه‌ای از جنس سازند شیلی مارنی سنگانه در راستای مرکز تاقدس پلانج‌دار آسیازو خروجی دارند. . بر اساس طبقه بندی‌های موجود با استفاده از پارامترهای صحرای EC و TDS چشمه‌های آب‌گرم ایوب و شفا از نوع آب شیرین‌(fresh water) و بر اساس پارامتر T به ترتیب از نوع آب‌گرم و ژئوترمال و ولرم می‌باشد. چشمه‌ی شفا شاخه ی فرعی از مجرای اصلی تغذیه کننده چشمه‌ی آب‌گرم ایوب است. چشمه آب‌گرم ایوب تقریبا حاوی گازهای دی‌اکسیدکربن به مقدار25/9 میلی‌گرم بر لیتر و هیدروژن سولفوره به مقدار اندک است. چشمه‌های آب گرم ایوب و شفا یک منبع ژئوترمال هستند که با داشتن خواص درمانی و دمای قابل انتظار تا بیش از 40 درجه سانتی‌گراد می تواند در بخش ژئوتوریسم و پزشکی درمانی و سیستم گرمایش هتل‌های موردنیاز جهت گردشگری و گلخانه های صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.

# منابع

1. افشارحرب، عباس(1373)؛ زمین شناسی ایران: زمین شناسی کپه داغ، تهران: سازمان زمین شناسی کشور.
2. سازمان انرژی‌های نو ایران(سانا) (1392)؛ انرژی زمین گرمایی([http://www.suna.org.ir](http://www.suna.org.ir/))
3. شاه بیک، امیر (1372). زمین شناس ایران:چشمه های آب معدنی و گرم ایران.
4. صداقت، محمود (1382). زمین و منابع آب‌(آب های زیرزمینی)، دانشگاه پیام نور
5. عاصم اصل، رقیه (1387). چشمه­های آبگرم و معدنی استان آذربایجان شرقی. مجله اموزش زمین شناسی، دوره ی چهارم، شماره ی یک، (21-25)
6. محمدی، ا.، (1389).به بررسی هیدروژئوشیمی و بالنئولوژی چشمه‌ی آب‌گرم ایوب‌(خراسان شمالی)، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران
7. ندایی گیلارلو و همکاران (1391) به بررسی کیفی آلودگی و تعیین پتانسیل الایندگی چشمه‌های آب گرم سرعین، فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست،سال ششم، شماره 18 (97-106)
8. Elisa, S., Gian, M.Z., Luca, P., Fedora, Q., Salvator, L. (2008). Fluid Geochemistry as indicator of Tectonically Related, Deep water circulations in the Sardinian reift‌-‌campidano graben‌‌(Itlay)‌: New insight from environmental isotope.