



نگرشی بر ترکیب شیمیایی و کاربرد صنعتی چشمه‌های آبگرم ایوب پیغمبر و شفا

بعنوان یک منبع انرژی تجدید پذیر ژئوترمال

مجید کاظمی، حسین محمدزاده

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دکترای منابع آب و محیط زیست، سرپرست مرکز تحقیقات آب‌های زیرزمینی (متاب)، دانشکده

علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

Majid.kazemi65@gmail.com

چکیده

چشمه‌های آبگرم ایوب پیغمبر و شفا در شمال شرق ایران از مهمترین چشمه‌های آبگرم در استان خراسان شمالی - شهرستان بجنورد می‌باشد که بواسطه دمای بالای آن‌ها (۳۶-۳۸ درجه)، کاربرد درمانی و موقعیت ژئوپولیتیکی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. با برداشت ۷ نمونه آب مشخص شد که ترکیب شیمیایی این دو چشمه کلسیم سولفات بوده و از لحاظ خصوصیات شیمیایی در صنعت خورنده و رسوب گذار می‌باشد. علاوه بر کاربرد کشاورزی و صنعت ژئوتوریسم با اهداف بالنتولوژی (درمان بیماری‌های پوستی)، بر اساس دمای آب، چشمه‌های آبگرم ایوب پیغمبر و شفا برای کاربردهای گرمایش اماکن با پمپ، آبی‌پروری، استخراج شنا، گرم کردن خاک بطور مستقیم مناسب می‌باشد.

کلمات کلیدی: چشمه آبگرم، ایوب پیغمبر، شفا، بجنورد، ترکیب شیمیایی، ژئوترمال.

۱. مقدمه و هدف تحقیق

در مطالعات چشمه‌های آبگرم در زمینه بررسی ترکیب شیمیایی و کاربرد چشمه‌های آبگرم در ایران تحقیقاتی صورت گرفته است و این دو لازم و ملزوم یکدیگر می‌باشند. عمده تحقیقات و پژوهش‌های صورت گرفته در ایران بیشتر بر روی چشمه‌های آبگرم با منشاء آتشفشانی (چشمه‌های آبگرم اطراف کوه‌های آتشفشانی سهند، سبلان، دماوند و تفتان و نیز چشمه‌های آبگرم مرتبط با توده‌های نفوذی)، با منشاء رادیواکتیو (چشمه آبگرم رامسر) و با منشاء اختلاط با شورابه‌های نفتی (چشمه‌های گرو و... در استان خوزستان و نواحی نفت خیز جنوب ایران) بوده است و چشمه آبگرمی که علت دمای بالای آن در درجه اول گرادیان زمین گرمایی باشد در ایران جز چشمه آبگرم ایوب پیغمبر و شفا (در حال انتشار) در استان خراسان شمالی هنوز گزارش نشده است. همچنین بررسی‌های صورت گرفته بیشتر بصورت جزئی بوده و اطلاعات جامعی از آن‌ها وجود ندارد. در سایر نقاط جهان (ایسلند، ژاپن، آمریکا، چین، ترکیه، ایتالیا، روسیه و بسیاری کشورهای دیگر) نیز از جنبه‌های مختلف چشمه‌های آبگرم با منشاء‌های مختلف مورد تحقیق و بهره‌برداری قرار گرفته است. این منابع از جهت موثر بودن در رسیدن به توسعه پایدار کشورمان بسیار حائز اهمیت بوده و مسئولین و محققین باید توجه اهتمام و توجه بیشتری به آن کنند. در این تحقیق علاوه بر معرفی بیشتر چشمه‌های آبگرم ایوب پیغمبر و شفا بعنوان یک منبع ژئوترمال به بررسی کاربردهای صنعتی از این چشمه‌ها پرداخته می‌شود.

۲. تئوری و پیشینه تحقیق

استفاده از چشمه‌های آب گرم در زمینه‌های استحمام، شستشو، پخت و پز و درمان، دارای پیشینه تاریخی است. رومانی‌ها، هندی‌ها، یونانی‌ها، مکزیکی‌ها، ژاپنی‌ها [۵] و حتی در مناطقی از نقاط ایران که چشمه‌های آب گرم وجود دارند، شواهدی مبنی بر استفاده از چشمه‌های آب گرم دیده می‌شود. کاربردهای پزشکی (بالنوتراپی^۱)، گرمایش اماکن (در مقیاس خانگی و شهری)، استخراج کانی‌ها، فرآوری محصولات کشاورزی و دامی، تولید محصولات صنعتی نظیر اسیدبوریک، گوگرد، ساخت هواسازها و تولید الکتروسیته از جمله کاربردهای رایج انرژی قابل دریافت از آب‌های ژئوترمال و چشمه‌های آب گرم است. بعنوان مثال اولین سیستم گرمایش منازل در جهان با انرژی ژئوترمال در قرن چهاردهم در شهر شیدی اجوئس^۲ فرانسه و شهر ریکاویک^۳ (تنها شهر جهان با سیستم گرمایش انرژی ژئوترمالی حاصل از چشمه‌های آب گرم) در ایسلند، راه اندازی شد. همچنین اولین سیستم گرمایش گلخانه‌ای با استفاده از انرژی ژئوترمالی در ایسلند و تولید صنعتی برق از انرژی ژئوترمالی اولین بار در شهر لاردلو^۴ و تاسکانی^۵ ایتالیا در سال ۱۹۱۳ بوده است [۵]. بزرگترین سیستم‌های گرمایشی با منبع ژئوترمال در کشورهای فرانسه، روسیه، گرجستان، چین، ایتالیا و ایالات متحده وجود دارد. کاربرد چشمه‌های آب گرم بر اساس دمای آب به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱) چشمه‌های با دمای بالا، که جهت تولید الکتروسیته بسیار مهم می‌باشند و ۲) چشمه‌های با دمای پایین، که جهت کاربرد مستقیم در برخی زمینه‌ها مانند گرمایش فضاها و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. چشمه‌های آب گرم با توجه به اینکه بیانگر وجود یک منبع انرژی در مناطق ژئوترمال هستند و با توجه به شرایط دمایی، ترکیب شیمیایی و شرایط ژئومورفولوژیکی نسبت به سایر چشمه‌ها و منابع آب زیرزمینی، دارای اهمیت و کاربردهای متنوعی می‌باشند. این کاربردها با توجه به شرایط محیطی، ژئومورفولوژی، ترکیب شیمیایی آب چشمه، دمای آب چشمه و تکنولوژی در دسترس متفاوت است. در اغلب کشورهای دنیا استفاده از این منابع با ارزش در حال توسعه و سرمایه گذاری است. کاربرد و استفاده از انرژی زمین گرمایی به دو صورت مستقیم (استفاده و بهره‌برداری بدون واسطه از انرژی حرارتی آب) و غیرمستقیم صورت می‌گیرد. کاربرد مستقیم از این منابع (نظیر: استحمام، پختن غذا و گرم کردن محل زندگی خود، درمان برخی بیماری‌های پوستی و چشمی و مصارف دارویی)، از گذشته‌های بسیار دور در میان مردم رواج داشته است. امروزه نیز استفاده از این منابع انرژی توسعه یافته است و در زمینه‌هایی مانند تولید الکتروسیته، کمک و افزایش استحصال نفت با تزریق آب گرم در چاه‌های نفت دچار افت فشار شده، صنعت تولید چرم و در زمینه‌های پزشکی (مانند چشمه‌های رادیواکتیو آب گرم رامسر) کاربرد دارد، البته در برخی جنبه‌ها مانند ابعاد درمانی رسوب و لجن هنوز دارای کاربرد محلی و اعتقادی می‌باشد. کاربردهای مختلف از چشمه‌های آب گرم را بطور خلاصه می‌توان در چهار دسته ۱- پزشکی - درمانی، ۲- ژئوتوریسم و صنعت جهانگردی ۳- صنعت و ۴- سیستم‌های گرمایش بیان نمود (شکل ۱). در حال حاضر حدود ۷۲ کشور جهان از منابع زمین گرمایی به طور مستقیم استفاده می‌کند. درصد استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی برای موارد مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین حدود ۱۹ کشور جهان از انرژی زمین گرمایی در فرآیندهای مختلف صنعتی، ۴۵ کشور جهان (بخصوص کشور ژاپن با داشتن ۴۰۰۰ چشمه آب گرم و داغ و سالانه حدود ۱۲ میلیون توریست) از چشمه‌های آب گرم برای جنبه‌های پزشکی و استفاده می‌کنند. از جمله چشمه‌های آب گرم ایران که در زمینه پزشکی - درمانی استفاده می‌شود

^۱ - Balneotherapy (also named Balneology)

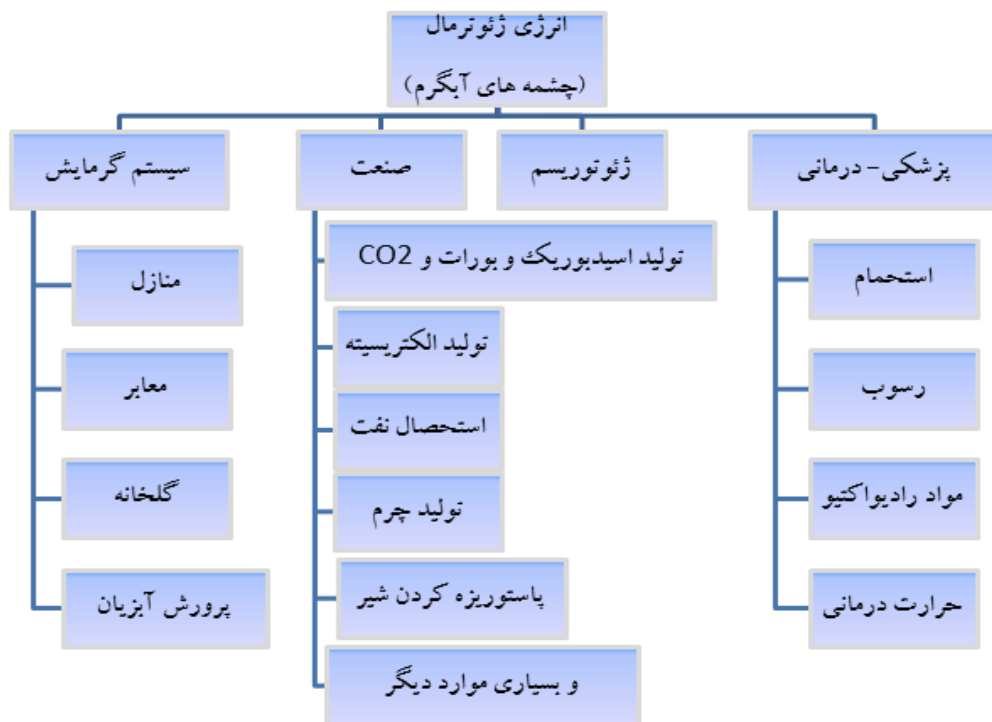
^۲ - Chaud Aignes

^۳ - Reykjavik

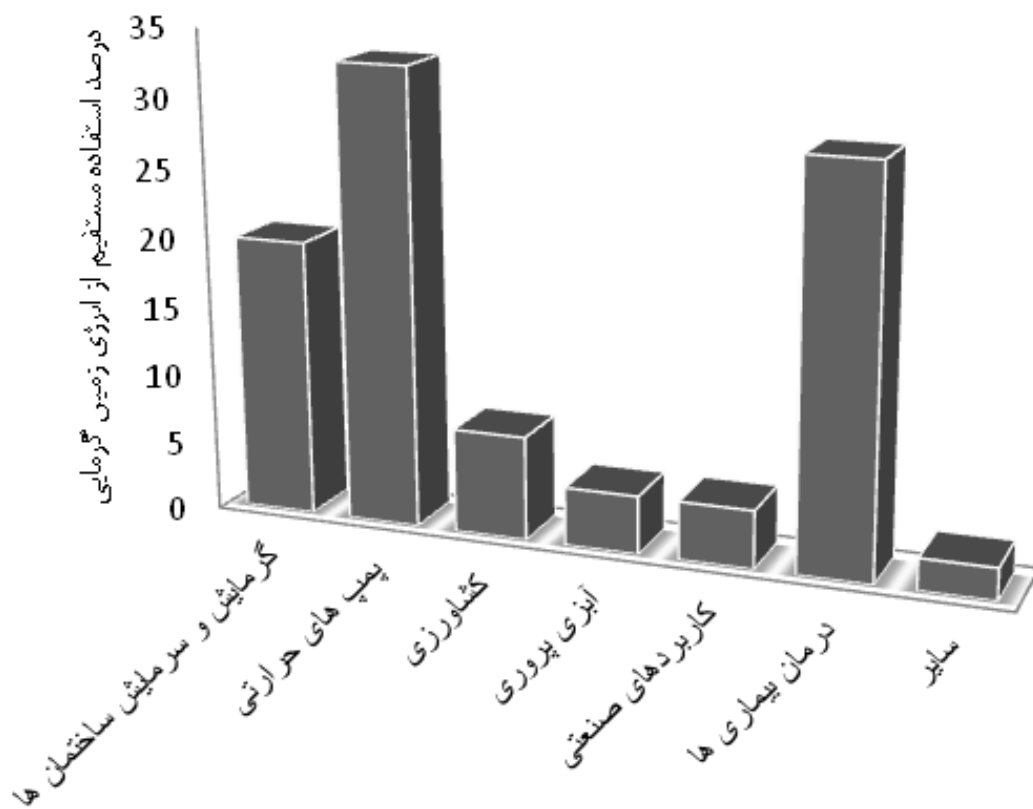
^۴ - Larderllo

^۵ - Tuscony

می‌توان به مجموعه چشمه‌های آب گرم سرعین، چشمه‌های آب گرم رامسر، شاهان گرماب، چشمه‌های چگری، خانقاه، غار ایوب، جوشان و چهارفرسخ در استان کرمان، چشمه‌های آب گرم آذربایجان شرقی و بسیاری موارد دیگر اشاره نمود. از دیگر



شکل ۱: کاربردهای چشمه‌های آبگرم



شکل ۲: درصد استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی

مثال‌های کاربری از چشمه‌های آب گرم در ایران می‌توان به تولید الکتریسیته در نیروگاه تولید برق در شهرستان مشکین شهر در استان اردبیل اشاره نمود [۱]. در این بین بسیاری از چشمه‌های آب گرم ایران از جمله چشمه آب گرم ایوب پیغمبر به دلیل ناشناخته بودن بیشتر توسط افراد بومی برای اهداف درمانی استفاده می‌شود. از این رو، بررسی و شناخت چشمه‌های آب گرم ایوب و شفا بسیار با اهمیت و برای سازمان‌های ذینفع جهت برنامه ریزی‌های آتی سودمند خواهد بود.

۳. مواد و روش‌ها

جهت بررسی ترکیب شیمیایی چشمه‌های آب گرم ایوب پیغمبر و شفا با استفاده از روش‌های استاندارد نمونه برداری اقدام به برداشت ۷ نمونه آب جهت سنجش کامل گردید. نمونه‌های کاتیونی با اسید نیتریک اسیدی فای شده و در طول نمونه برداری در یخچال نگهداری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. پس انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه پالایشگاه گاز شهید هاشمی‌نژاد و دانشگاه اوتوا کانادا و دریافت نتایج با استفاده از روش‌های استاندارد و نرم افزارهای مربوطه به بررسی‌های مدنظر پرداخته شد.

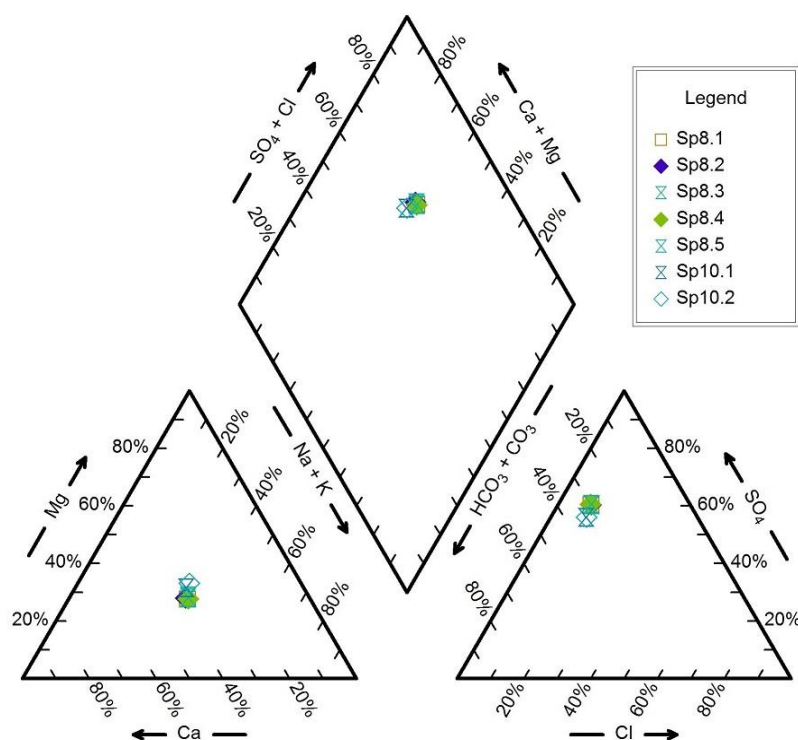
۴. نتایج و بحث

برای استفاده از منابع آب، بررسی کیفیت آب بر اساس نوع هدف و معیارها و استانداردهای مربوطه مورد توجه و بسیار ضروری است. همچنین کیفیت و شرایط هیدروژئوشیمیایی منابع آب با توجه به شرایط زمین شناسی و هیدروژئولوژیکی منطقه متفاوت می‌باشد که تعیین کننده نوع بهره‌برداری از این منابع است. ترکیب شیمیایی آب در کنار عواملی نظیر میزان دبی، دمای آب، شرایط محیطی و امکانات و تجهیزات موجود، عاملی مهم در تعیین نوع و میزان کاربرد در زمینه‌های مختلف است. بطور کلی می‌توان گفت که در کاربردهای صنعتی از آب‌های زیرزمینی و سطحی، تیپ‌های مختلفی کاربرد دارند. کاربرد چشمه‌های آب گرم در بخش تئوری و پیشینه تحقیق تقریباً خلاصه و کامل بیان گردید. برای چشمه‌های آب گرم ایوب پیغمبر و شفا نیز دانستن ترکیب شیمیایی آن در تعیین مصارف و کاربردهای آن حائز اهمیت می‌باشد.

۴/۱. ترکیب شیمیایی چشمه‌های آب گرم ایوب پیغمبر و شفا

آنچه که برای کاربرد چشمه‌های آب گرم ایوب پیغمبر و شفا در زمینه صنعتی و کاربرد بعنوان منبع انرژی زمین گرمایی مهم است میزان دمای آب، دبی و ترکیب شیمیایی آب چشمه‌ها می‌باشد. دبی و دمای چشمه آب گرم ایوب پیغمبر بترتیب در حدود ۱۰ لیتر بر ثانیه و ۳۸ درجه سانتی‌گراد در سطح و دمای چشمه آب گرم شفا ۳۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (دبی چشمه آب گرم شفا با توجه به امکانات و شرایط چشمه در زمان بازدیدهای صحرائی قابل اندازه‌گیری نبوده است) [۳]. به جهت بررسی ترکیب شیمیایی آب چشمه‌های آب گرم مورد نظر از دیگرام پایپر استفاده شده است (شکل ۳). همچنین وضعیت تواتر آنیونی و کاتیونی آب چشمه‌های آب گرم ایوب و شفا و نیز وضعیت آب به لحاظ قابلیت خوردگی و ته نشینی رسوب کربنات کلسیم که در کاربرد صنعتی آن مهم است مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۱ و جدول ۲). با توجه به نمودار پایپر و موقعیت چشمه‌های آب گرم ایوب و شفا و برهم منطبق بودن موقعیت هر دو چشمه آب گرم بر روی این نمودار، هر دو چشمه دارای تواتر

کاتیونی $Mg^{+2} > Na^{+} + K^{+} > Ca^{+2}$ و آنیونی $HCO_3^{-2} < Cl^{-} < SO_4^{-2}$ بوده و تیپ و رخساره آن سولفات کلسیمی می باشد، بعبارتی کاتیون غالب کلسیم و آنیون غالب سولفات است. یکسان بودن تواتر کاتیونی - آنیونی و تیپ و رخساره یکسان بودن منشاء هر دو چشمه آب گرم ایوب و شفا است ([۳] . نمونه های هر دو چشمه بر روی نمودار پایپر در محدوده ای (قلیایی خاکی < قلیایی ها و اسیدهای قوی < اسیدهای ضعیف) قرار می گیرند که نتایج مشابه، تیپ و رخساره سولفات کلسیمی ($Ca-SO_4$) دارند و در این محدوده نباید هیچ آنیون و کاتیونی بیشتر از ۵۰ درصد باشد [۳]] در حالیکه میزان سولفات بیش از ۵۰ درصد می باشد. این افزایش بیش از ۵۰ درصدی با توجه به بازدیدهای صحرائی و تحقیقات انجام شده بیانگر آنومالی سولفات از منابع آلی، بیولوژیکی و معدنی در چشمه می باشد.



شکل ۳: موقعیت نمونه های چشمه های آبگرم ایوب بیغمبر و شفا بر روی نمودار پایپر

جدول ۱: تواتر آنیونی، کاتیونی و تیپ و رخساره چشمه های آبگرم ایوب و شفا

کد نمونه ها	موقعیت	محتوای آنیونی	محتوای کاتیونی	تیپ و رخساره آب	محل ظهور منبع
Sp8.1	چشمه آبگرم ایوب	سولفات < بی کربنات < کلر	کلسیم < سدیم-پتاسیم < منیزیم	کلسیم سولفات	Sr-Sn-Qt
Sp8.2	چشمه آبگرم ایوب	سولفات < بی کربنات < کلر	کلسیم < سدیم-پتاسیم < منیزیم	کلسیم سولفات	Sr-Sn-Qt
Sp8.3	چشمه آبگرم ایوب	سولفات < بی کربنات < کلر	کلسیم < سدیم-پتاسیم < منیزیم	کلسیم سولفات	Sr-Sn-Qt
Sp8.4	چشمه آبگرم ایوب	سولفات < بی کربنات < کلر	کلسیم < سدیم-پتاسیم < منیزیم	کلسیم سولفات	Sr-Sn-Qt
Sp8.5	چشمه آبگرم ایوب	سولفات < بی کربنات < کلر	کلسیم < سدیم-پتاسیم < منیزیم	کلسیم سولفات	Sr-Sn-Qt
Sp10.1	چشمه آبگرم شفا	سولفات < بی کربنات < کلر	کلسیم < سدیم-پتاسیم < منیزیم	کلسیم سولفات	Sr-Sn-Qt
Sp10.2	چشمه آبگرم شفا	سولفات < بی کربنات < کلر	کلسیم < سدیم-پتاسیم < منیزیم	کلسیم سولفات	Sr-Sn-Qt

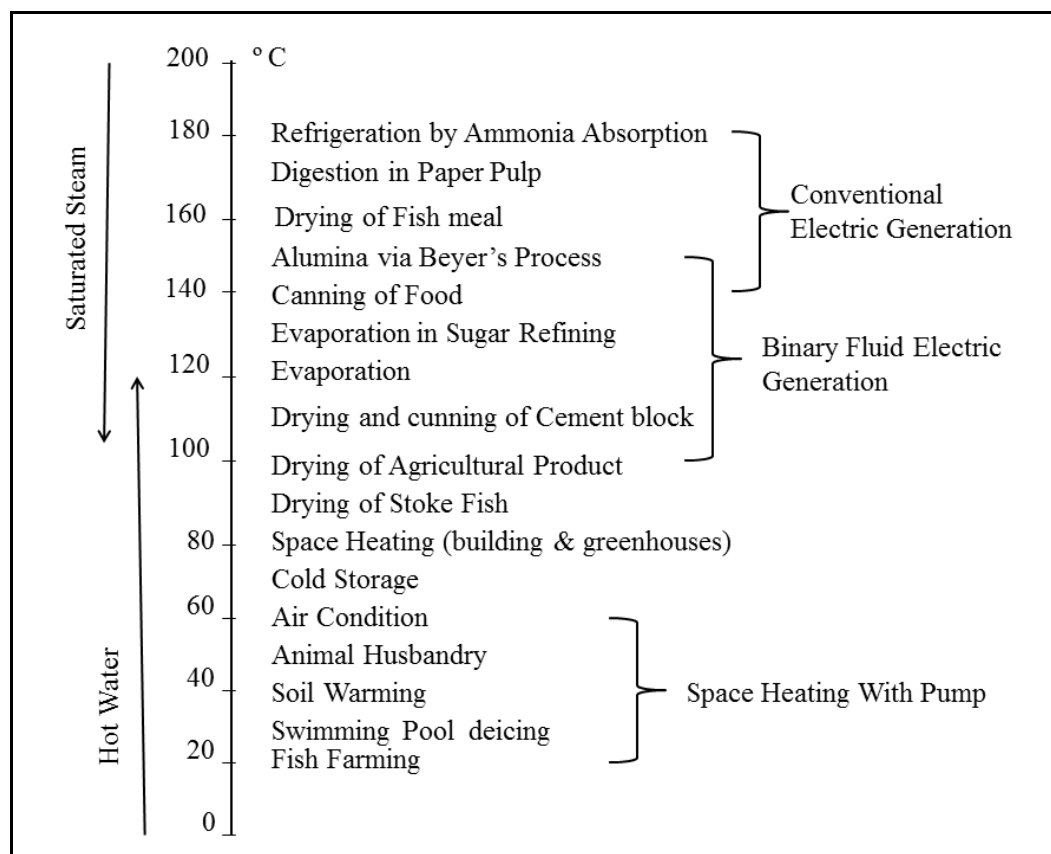
Sr: سازند سرچشمه، Sn: سازند سنگانه، Qt: رسوبات کواترنری

جدول ۲: اندیس اشباع و کیفیت آب چشمه های آبگرم ایوب و شفا برای مصارف صنعتی

کد نمونه‌ها	موقعیت	قلیائیت بر حسب CaO	Ca (mg/l)	PHs	PH	اندیس اشباع	کیفیت آب برای مصارف صنعتی
Sp8.1	چشمه آبگرم ایوب	۲۳۹۰/۱	۱۸۰۷/۳	۴/۷	۸/۱	-۳/۴	رسوبگذار
Sp8.2	چشمه آبگرم ایوب	۲۳۳۰/۴	۱۸۰۹/۶	۴/۷	۸/۱	-۳/۴	رسوبگذار
Sp8.3	چشمه آبگرم ایوب	۲۳۲۳/۲	۱۷۴۰/۱	۴/۷	۷/۷	-۳	رسوبگذار
Sp8.4	چشمه آبگرم ایوب	۲۴۷۲/۷	۱۸۴۷/۰	۴/۶	۸/۰	-۳/۴	رسوبگذار
Sp8.5	چشمه آبگرم ایوب	۲۴۴۳/۳	۱۸۲۹/۷	۴/۶	۷/۸	-۳/۲	رسوبگذار
Sp10.1	چشمه آبگرم شفا	۱۸۲۵/۰	۱۴۲۵/۳	۴/۹	۷/۹	-۳	رسوبگذار
Sp10.2	چشمه آبگرم شفا	۱۸۰۶/۹	۱۳۳۴/۳	۴/۹	۷/۸	-۲/۹	رسوبگذار

۴/۲. کاربرد چشمه‌های آبگرم ایوب پیغمبر و شفا بر اساس میزان دمای آنها

چشمه های آبگرم ایوب پیغمبر و شفا در حال حاضر نیز دارای کاربرد کشاورزی و صنعت ژئوتوریسم با اهداف بالتولوژی (درمان بیماری‌های پوستی) می‌باشد که درجای خود بطور مفصل مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن منتشر خواهد شد. جهت تعیین نوع مصارف ممکن برای چشمه‌های آب گرم ایوب و شفا بر اساس میزان دما سطحی اندازه گیری شده از نمودار لیندال [۵] استفاده شده است. در این نمودار حدود پایین و بالای هر یک از موارد کاربرد ذکر شده قطعی نیست و تنها بعنوان یک راهنما محسوب می‌شود.



شکل ۴: کاربردهای چشمه های آبگرم بر اساس میزان دمای آنها و نمودار لیندال [۵].

بر اساس نمودار لیندال و دمای اندازه گیری شده برای چشمه‌های آبگرم ایوب و شفا (۳۶ تا ۳۸ درجه سانتیگراد)، انرژی حرارتی آب این دو چشمه قابلیت کاربرد جهت تولید الکتریسیته را نداشته و تنها برای اهداف گرمایش اماکن با پمپ، آبی-پروری، استخراج شفا، گرم کردن خاک بطور مستقیم می‌توان استفاده نمود. وجود محتوای بالای سولفات و دی اکسیدکربن در نمونه‌های آب می‌تواند باعث ایجاد خوردگی در تاسیسات شود، وجود سولفات و دی اکسیدکربن در آب چشمه ایوب پیغمبر نیز در گذشته ذکر شده است [۴،۳]. در صورتی که آب را بتوان با استفاده از تکنیک‌های حفاری از اعماق بیشتر عبارتی از مخزن اصلی واقع در عمق زمین استخراج نمود، می‌توان انتظار دمای بیشتر و برای کاربردهای بیشتری از آن بهره برد. لازم به ذکر است بکار بردن و استفاده از انرژی در مناطق ژئوترمال، شیدیدا تحت تاثیر تکنولوژی و فاکتورهای اقتصادی است. لذا کاربرد اقتصادی چشمه‌های آبگرم ایوب و شفا، نه تنها به شناسایی دقیق دما، عمق و حجم مخزن، بلکه به طراحی و برنامه ریزی دقیق نیز نیازمند می‌باشد [۷، ۶]. چنانچه هتل‌هایی برای اقامت مسافران و گردشگران در این منطقه احداث شود، با مطالعه بیشتر و تمهیدات لازم می‌توان برای سیستم گرمایش از آن استفاده نمود.

۵. نتیجه‌گیری

چشمه‌های آبگرم ایوب پیغمبر و شفا در استان خراسان شمالی بر اساس مطالعات انجام شده دارای ترکیب شیمیایی (تیپ و رخساره) کلسیم - سولفات، رسوبگذار و بواسطه داشتن محتوای سولفات بالا خورنده می‌باشد. این دو چشمه علاوه بر کاربرد کشاورزی و صنعت ژئوتوریسم با اهداف بالنتولوژی (درمان بیماری‌های پوستی)، بواسطه دمای بالای سطحی اندازه‌گیری شده دارای کاربردهای گرمایش اماکن با پمپ، آبی‌پروری، استخراج شفا، گرم کردن خاک بطور مستقیم می‌باشد.

۶. قدردانی

نویسنده بر خود لازم می‌داند از جناب آقای مهندس حجت اصغری بهرام که در انجام مطالعات صحرایی و نمونه برداری همواره یاری‌ام نموده است و نیز جناب آقای دکتر حسین محمدزاده جهت پرداخت هزینه‌های آزمایش تشکر و قدردانی نماید.

۷. مراجع

- ۱- سازمان انرژی‌های نو ایران (<http://www.suna.org.ir/fa/geothermal>).
- ۲- صداقت، محمود؛ زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی). انتشارات دانشگاه پیام نور. تهران. چاپ چهارم تیر ۱۳۸۲.
- ۳- کاظمی، مجید و محمدزاده، حسین، بررسی منابع انرژی ژئوترمال (چشمه‌های آبگرم ایوب و آبگرم شفا- استان خراسان شمالی). دومین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، دانشکده فنی شهید مفتاح همدان، ۱۳۹۲



۴- محمدی، اعظم، بررسی هیدروژئوشیمی و بالتولوژی چشمه آبگرم ایوب (خراسان شمالی). پانزدهمین همایش

انجمن زمین شناسی ایران، ۱۳۸۹

- 5- Barbier, E., *Nature and Technology of Geothermal Energy: A Review, Renewable and Sustainable Energy Reiviews, Vol. 1, No 1/2, 1977, pp 1-69.*
- 6- Shakeri, A., Moore, F., Kompani-Zare, M., *Geochemistry of the thermal springs of Mount Taftan, southeastern Iran. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 178, 2008, pp. 829-836.*
- 7- Wohletz, K., and Heiken, G., *Volcanology and Geothermal Energy. Univ. California Press, Berkeley, 1992*