

بررسی منشأ پیدایش چشمه آبگرم محلات

پژوهشگران: دکتر محمود میرزایی (دانشگاه اراک)، دکتر فریدون نادیمی (دانشگاه صنعتی اراک) و دکتر بهروز اسکویی (دانشگاه تهران)

اهداف تحقیق

وجود چشمه های آبگرم متعدد در منطقه محلات و همچنین نوع زمین شناسی منطقه، نشان دهنده وجود یک سیستم زمین گرمایی در اعماق منطقه است؛ طی فعالیت های انجام شده از سال ۱۳۷۴ در ایران، چندین ناحیه امید بخش از لحاظ پتانسیل زمین گرمایی توسط مرکز انرژی های نو وزارت نیرو معرفی گردیده که محلات یکی از مناطق مهم در این زمینه است. درحقیقت آب های سطحی پس از نفوذ به داخل زمین، به لایه های گرم نزدیک می شوند. سپس بر اثر افزایش دما، چگالی خود را از دست داده و نسبت به آب های سرد سبک تر شده و به صورت طبیعی از طریق خلل و فرج سنگ ها مجدداً رو به سطح زمین حرکت کرده و موجب پیدایش مظاهر حرارتی از قبیل چشمه های آب گرم می شوند. به منظور شناسایی نواحی مستعد زمین گرمایی در پوست جامد زمین و یافتن انرژی حرارتی که انرژی زمین گرمایی نامیده می شود باید مطالعاتی مناسب صورت گیرد. به همین منظور در این تحقیق برای شناسایی منشأ چشمه های آبگرم در ناحیه محلات مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمیایی، و ژئوفیزیک شامل روشهای مغناطیس سنجی و مکتو تلواریک صورت گرفته است.

اهداف تحقیق

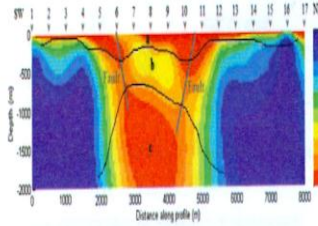
- ۱- تعیین پارامترها، نشانه ها و ردیاب های ژئوشیمیایی و هیدروژئوشیمیایی جهت شناسایی منبع زمین گرمایی.
- ۲- تخمین دمای زیر سطحی زمین گرمایی.
- ۳- شناسایی توده یا توده های نفوذی مرتبط با منبع زمین گرمایی.

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

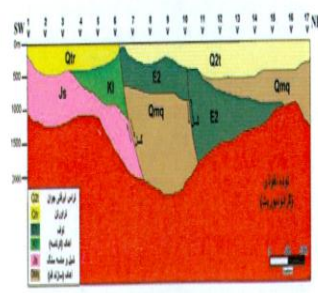
در تقسیم بندی زمین سازی ایران، منطقه محلات در زون آتشفشانی ایران مرکزی واقع گردیده است. این زون یکی از زون های فعال در طی دوران های مختلف زمین شناسی است که به شکل مثلث در مرکز ایران قرار گرفته است. مرز غربی زون مذکور به زون دگرگونی ستنج-سیرجان محدود می گردد و مرز آن در استان مرکزی توسط گسل های تلخاب و تیرته مشخص می گردد. زون ایران مرکزی از سمت شمال به زون البرز و از سمت جنوب به زون مکران محدود می گردد. حد شرقی زون ایران مرکزی چندان مشخص نیست. زیرا برخی از زمین شناسان بلوک لوت را جزو ایران مرکزی در نظر گرفته و بعضی دیگر بلوک لوت را قطعه مجزایی از آن می دانند. چشمه های آبگرم محلات در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال غربی شهر دیلجان در میان ارتفاعات بلند منطقه



(شکل ۱) نقشه زمین شناسی منطقه مورد بررسی (بر گرفته از نقشه ۱:۲۵۰,۰۰۰ قم و ۱:۲۵۰,۰۰۰ مپاهاکان).



(شکل ۲) مقطع دو بعدی مقاومت ویژه بر حسب عمق مربوط به معکوس سازی داده های دوجیبان مکتو تلواریک برداشت شده در امتداد پروفیل ۲.



(شکل ۳) مقطع زمین شناسی طراحی شده و اساس نقشه زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه و مدل دو بعدی مقاومت ویژه بدست آمده از برگردان داده های دوجیبان مکتو تلواریک.

قرار گرفته اند. منطقه آبگرم محلات بخش کوچکی از پهنه ایران مرکزی است؛ که بر روی کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر قرار دارد. شکل (۱) وضعیت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و پراکنندگی چشمه های آب گرم منطقه را نشان می دهد. سازندهای رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه عبارتند از: سازندها شکست بالیولوزی شیل و ماسه - سنگ، واحد آهک اوریپتولین دار کرمانه، واحد آهک مارنی سازنده قم و در مجاورت این سنگ های رسوبی، سنگ های آذرین شامل گرانودیوریت، توف و گدازه می باشد. چشمه های آبگرم محلات که موقعیت آن ها در نقشه زمین - شناسی (شکل ۱) با مثلث های توپر قرمز رنگ مشخص شده است، از رسوبات تراورتن و آبرفت خارج می گردند. رسوبات تراورتنی که به مرور زمان در اثر نشست رسوبات چشمه ها به وجود آمده اند، اغلب در مجاورت گسل های ناحیه تشکیل شده اند و ضخامت قابل توجهی دارند. در گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ گلباگان، ضخامت آن ها حتی تا ۵۰۰ متر نیز ذکر شده است. گسل ها و شکستگی های فراوانی که در این منطقه به چشم می خورد، در چرخش آب از سطح به عمق و بالعکس نقش مهمی دارند. نکته حائز اهمیت دیگر، دگرسانی های فراوان منطقه است. اغلب دگرسانی های منطقه از نوع آرژیلیکی - سیرپستینی است؛ ولی دگرسانی از نوع کائولینی - آلونیتی نیز در منطقه زیاد مشاهده می شود. این نوع از دگرسانی ها، به خصوص نوع اول آن ارتباط تنگاتنگی با فعالیت سیالات هیدروترمال دارد. به عبارتی این نوع دگرسانی عمدتاً در دامی بالا اتفاق می افتد.

مواد و روش ها

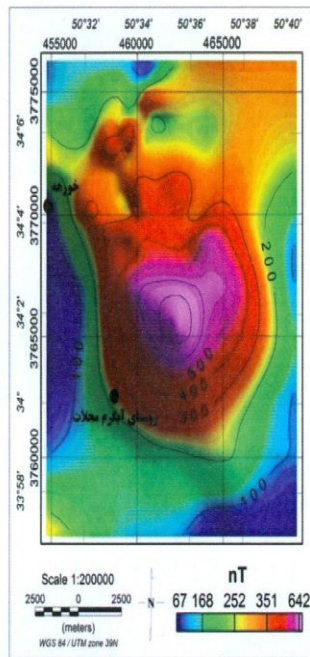
مطالعات میدانی در بخش زمین شناسی و ژئوهیدروژئوشیمیایی شامل نمونه برداری از آب و خاک منطقه، انجام آنالیز آزمایشگاهی شامل برداشت تعداد ۲۰ نمونه از منطقه جهت انجام مطالعاتی نظیر XRD و XRF به عناصر و غیره بوده تا بتوان به هدف پروژه که همان تعیین منشأ آب گرم می باشد، دست پیدا کرد. بدین منظور نقش عناصر و ایزوتوپ های ردیاب نظیر آکسیژن ۱۸ و دو تریم تعیین کننده بوده است. به طور خلاصه مراحل انجام پژوهش در این بخش شامل تعیین ترکیباتی در آب های زیرزمینی گرم بوده که می تواند منجر به تشخیص منشأ آنها شود مثل:

تعیین عناصر اصلی و فرعی موجود در چشمه ها و سنگ ها، تعیین کاتی های موجود در سنگ های اطراف، تعیین ترکیبات DO و $O\delta^{18}$ و وضعیت آنها نسبت به خط کریگ، ارزیابی هیدروژئوشیمیایی آب گرم. به منظور شناسایی دقیق نواحی مستعد زمین گرمایی، و مشخص نمودن نواحی دارای بی هنجاری های مغناطیسی، عملیات مغناطیس سنجی زمینی در طول ۱۰ پروفیل تقریباً ۱۶ کیلومتری با فاصله ایستگاهی ۴ متر و فاصله پروفیلی ۱۵ کیلومتر، در محدوده اطراف چشمه های آبگرم محلات انجام شده است. در این مطالعه در مجموع بیش از ۴۰۰۰ ایستگاه مغناطیس سنجی برداشت شد. مساحت کل ناحیه مورد مطالعه حدود ۲۵۰ کیلومتر مربع است. داده های میدان کلی مغناطیسی در منطقه اکتشافی آبگرم محلات توسط دستگاه مکتو تلواریک پروتون صورت گرفته است. پس از تصحیحات انجام گرفته شده و حذف اثر منطقه ای داده های حاصل بصورت پهنای ترسیم شدند و حاصل ترسیم شناسایی یک بی هنجاری بزرگ میدان مغناطیسی کلی در ناحیه بوده است که برای بدست

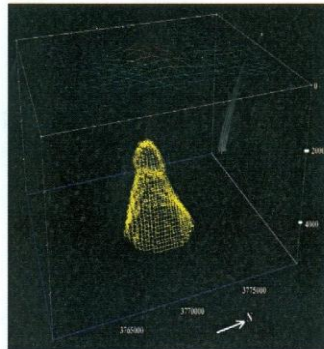
آوردن عمق و سایر مشخصات توده بی هنجار مرتبط با این بی هنجاری، داده های مذکور مورد تفسیر قرار گرفتند. عملیات داده برداری مگنتولوریک در طول دو پروفیل شامل ۱۲ و ۱۷ ایستگاه با فاصله ایستگاهی ۵۰۰ متر انجام شده است. مطالعات مگنتولوریک به گونه ای طراحی شده که رسانایی الکتریکی در محدوده های به طول ۵/۵ کیلومتر از سطح زمین تا عمق ۳۰۰۰ متر به نقشه در آید. لازم به ذکر است که داده برداری در گستره فرکانسی ۰/۱ تا ۸۰۰۰ هرتز در امتداد دو پروفیل صورت گرفته است.

نتایج و بحث

چشمه های گرم و سرد منطقه محلات بر اساس ترکیبات یون های اصلی به انواع مختلف تقسیم شده اند. جهت بررسی غلظت ها و تمرکزهای یون های اصلی از آنالیز شیمیایی چشمه ها و سپس دیاگرام پایپر استفاده شد. نقشه های مختلف چشمه ها نشان داد که چشمه های سرد و گرم جزء آب های نابالغ هستند و با سنگ میزبان در تعادل نیستند. پس از آنالیز نمونه های برداشت شده و نتایج مطالعات ژئوشیمیایی، بر اساس ژئوتومتری های کوارتز و کالسدون، دمای مخزن محلات حدود ۹۶-۱۳۱ درجه سانتی گراد تخمین زده شد. به منظور مطالعات سیستم ژئوترمال منطقه، متیترهایی شامل PH، دما و رسانندگی جهت آنالیز فاکتوری تعیین شد. به منظور کاهش پیچیدگی و تسهیل تفسیر فاکتورهای استخراج شده، یون کلر به عنوان نشانگر هالوزن ها در نظر گرفته شد. نتایج آنالیز فاکتوری نشان داد که شستوی کاتیون ها در سنگ ها توسط آب های گرم، توزیع کننده اصلی متغیرهای هیدروشیمیایی است. همچنین با بررسی غنی شدگی عناصر در سنگ ها و خاک های منطقه به منشأ غنی شدگی بی برده شد. بدین منظور فاکتور غنی شدگی عناصر در سنگ، خاک، آب گرم و آب سرد محلات تعیین شد. نهایتاً یک مدل فرضی به منظور توضیح و تفسیر منشأ چشمه های گرم در محلات با استفاده از ترکیبات ایزوتوپی و هیدروشیمیایی چشمه ها ارائه شد. به علاوه نمودارهای ترکیبی (نسبت یون به کلر) برای تشخیص گروه های نهایی که یکی از آنها آب های زودگذر است، به کار برده شده اند. این نمودارها در جستجوی منشأ آب ها کمک زیادی می کنند زیرا ضرایب بین غلظت ها گاهی اوقات می تواند شاخصی برای ذخایر خاص باشد. برآش های مختلف می تواند حاکی از وجود سفره های مختلف آب گرم باشد. این نمودارها قابلیت نسی تحرك عناصر را نشان می دهند. با در نظر گرفتن نتایج آنالیز و مطالعات هیدرو- ژئوشیمیایی فرضیه ماگمایی بودن منشأ مخزن زمین گرمایی محلات را غیر محتمل می داند و نتایج مطالعات این بخش، منشأ زمین گرمایی را احتمالاً ناشی از تلاشی عناصر رادیو اکتیو توده نفوذی می داند که توسط عناصر با کانی های تشکیل دهند توده نفوذی باید تحقیقات بیشتر، در راستای مطالعه خواص رادیو اکتیویت سنگها در ناحیه مذکور صورت گیرد تا بتوان براساس شواهد علمی بدست آمده صحت این فرضیه را تأیید نمود. پس از پردازش داده های مگنتولوریک مدل سازی از طریق معکوس سازی دوبعدی داده ها در امتداد دو پروفیل برداشت شده صورت گرفته است که نتیجه آن حصول دو مقطع بوده است. در مقاطع بدست آمده گسل ها و مرز بین لایه ها و ساختارهای زمین شناسی به خوبی قابل تشخیص و تفکیک بوده اند.



شکل ۴) مقطع نقشه شدت میدان مغناطیسی باقیمانده در منطقه زمین گرمایی پس از اعمال روش پروگردان به قطب



شکل ۵) نمایش مدل سه بعدی سنگ های با تپاین خودبندوی مغناطیسی بیشتر از ۰/۰۵ در واحد SL در منطقه زمین گرمایی محلات تا عمق ۵ کیلومتری از سطح زمین

از جمله می توان به دو ساختار گسل اشاره کرد (شکل ۲). در پروفیل ها، تواریح رسنایی در سطح زمین مشاهده می شود که به دلیل وجود آب های سطحی و موجود در سفره ها و لایه های آبرفتی و رسی منطقه می باشد. در ساختار زمین شناسی شامل چشمه های آنرکم، احتمال حضور گسل ها و شکستگی ها بسیار زیاد است زیرا باعث نفوذ آب حاصل از تولات جوی به درون و اعماق زمین می شوند و همین شکاف ها نیز می توانند راهی برای خروج آب گرم از اعماق به سطح زمین باشد. می دانیم که مخازن زمین گرمایی در دل زمین در اعماق کمتر از ۵۰۰۰ متر هستند. پس باید انتظار داشت که با شکستگی های عمیقی سروکار داشته باشیم که این در روی مقاطع بدست آمده مشهود می باشد. همچنین در روی مقاطع، سنگ پوش و مخزن زمین گرمایی قابل مشاهده می باشند (شکل ۲). با استفاده از نتایج مقاطع مگنتولوریک بدست آمده، مقطع زمین شناسی طراحی شده که در شکل (۳) نشان داده شده است. در مقطع ساختار گسلی و همچنین تشکیلات مختلف زمین شناسی در این ناحیه به تصویر کشیده شده است.

در حقیقت با توجه به مقاطع بدست آمده مشاهده می شود که روش مگنتولوریک توانسته است مشخصات وجود یک ساختار زمین گرمایی شامل سنگ پوش (از عمق ۱۰۰ تا ۶۰۰ متر)، مخزن (از عمق ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر) و منبع (از عمق ۱۰۰۰ متر تا بیشترین عمق قابل بررسی) را ارائه نماید. برای ارائه کامل تر از شکل و مشخصات توده نفوذی بی هنجار منشأ زمین گرمایی (توده گرانوندیوریت) در این ناحیه، داده های بی هنجار مغناطیسی بدست آمده که در شکل (۴) نمایش داده شده است ابتدا با استفاده از روش اویلر تفسیر گردید که توسط این روش عمق و شاخص ساختاری توده مذکور برآورد شد. براین اساس منشأ بی هنجاری مغناطیسی اصلی در منطقه، یک توده مغناطیسی بزرگ شبه مخروطی در عمق بیشتر از ۲۰۰۰ متر برآورد شد. سپس با استفاده از نتایج بدست آمده از روش اویلر، برای مشخص کردن سیمای بهتر از توده بی هنجار گرانوندیوریت، مدل سازی پیش رو و وارون سازی سه بعدی بر روی داده های انجام شد. نتایج مدل سازی پیش رو و وارون نشان داد که در این منطقه یک بی هنجاری مغناطیسی بزرگ در عمق حدود ۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متری از سطح زمین وجود دارد که می تواند به عنوان منبع سامانه زمین گرمایی منطقه در نظر گرفته شود (شکل ۵).

پیشنهادات

- با توجه به حضور یک توده نفوذی آذرین از جنس گرانوندیوریت در قسمت شمالی، جهت ارائه مدلی بهتر توسط تفسیر داده های مگنتولوریک، برداشت بیشتری از ایستگاههای مگنتولوریک در قسمت شمالی توصیه می گردد.
- برای بی بردن به اینکه آیا منشأ زمین گرمایی می تواند ناشی از خواص رادیو اکتیویت سنگهای مخزن باشد می بایست نمونه های مختلفی از سنگها در ناحیه مورد مطالعه جمع آوری شود و آزمایشات رادیو اکتیویت روی آنها صورت گیرد.
- برای شناخت کامل منبع زمین گرمایی در ناحیه، حفر گمراهی در روی مرکز توده بی هنجار شناسایی شده پیشنهاد می شود تا بتوان اطلاعات بیشتری از این مخزن بدست آورد.