

بررسی گستره آلودگی آبهای زیر زمینی با استفاده از روش ژئوالکتریک

پگاه زارع، کارشناس ارشد ژئوفیزیک

بابک توانا، کارشناس زمین شناسی

چکیده:

استفاده روزافزون از منابع طبیعی و گسترش فعالیت‌های صنعتی از یک سو و افزایش بی رویه جمعیت و تولید انبوه پسماندها و ضایعات از سوی دیگر اغلب منابع آب زیرزمینی را مورد تهدید جدی قرار داده و سبب پیدایش آلودگی‌های زیادی گردیده است. جزء اصلی در بررسی آلودگی آبهای زیرزمینی و رفع آن، تعیین محل و عمق و گسترش جانبی یک توده آلوده و شدت آلودگی است. روش سنتی و معمول در این مطالعات حفر چاههای آزمایشی، نمونه برداری از آب و انجام آزمایشات متنوع شیمی آب است که روشی پرهزینه و وقت گیر می‌باشد. از این رو استفاده از روش ژئوالکتریک در حل طیف گسترده‌ای از مسائل آبشناسی به لحاظ کمی و کیفی من جمله در بررسی‌هایی که به منظور تعیین محدوده آلودگی آبهای زیرزمینی انجام می‌گیرند معمول شده است. امروزه با کاربرد روش‌های مقاومت سنجی الکتریکی E.R، قطبش القائی و هم چنین بررسی‌های الکترومغناطیسی با فرکانس بسیار پائین (V.L.F) به سرعت با صرف هزینه اندک اطلاعات باارزشی راجع به توده آلوده و شناخت نواحی که در معرض هجوم آلودگی قرار دارند به دست می‌آید. در این نوشتار سعی بر آن است با توجه به مفاهیم پایه توضیحاتی راجع به موضوع بحث ارائه گردد.

مقدمه:

سالیان متمادی است که جهت حل مسائل مختلف علمی آبشناسی از روش‌های ژئوالکتریک سطح الارضی استفاده می‌گردد. موفقیت این روش در تعیین خصوصیات هندسی ساختارهای آب زمین شناختی (نظیر ضخامت، عمق)، خصوصیات ژئوفیزیک سازندهای تراوا و کم تراوا و تلفیق دستاوردهای حاصله از آن با فرضیاتی سودمند موجب شد امکان تعیین خصوصیات هیدروژئولوژیک توسط اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیک فراهم آید. فلذا توجه آبشناسان و بالطبع زمین فیزیکدانان به حل مسائل مرتبط با تعیین گستره آلودگی زیرزمینی و همچنین اتخاذ تصمیم‌هایی پیرامون حفاظت

از منابع آب با استفاده از این روش معطوف گردیده است. بررسی های مقطعی یا طولانی مدت گستره آلودگی آبهای زیرزمینی شامل مراحل زیر است:

- تعیین خصوصیات آبشناسی، سنگ شناسی و ویژگی های ساختاری منطقه مورد مطالعه .
- تشخیص ارتباطات موجود میان سطح زمین و آب زیرزمینی.
- تشخیص وجود آلوده کننده ها در مناطق اشباع و غیر اشباع.
- تخمین غلظت آلوده کننده ها و الگوی حرکت آنها.

کار آئی روش ژئوالکتریک در کسب اطلاعاتی دقیق از وضعیت محیط در زمانی کوتاه و هزینه کم مطالعات به این سبک، موجب گرایش روز افزون محققان به استفاده از این روش در تعیین گستره آلودگی آبهای زیرزمینی شده است. انتخاب روش مناسب در تعیین گستره آلودگی آبهای زیرزمینی ارتباطی تنگاتنگ با نوع آلودگی و تأثیر آن بر خواص الکتریکی آب زیرزمینی، خصوصیات هیدروژئولوژی آبخوان مورد مطالعه و هدف مطالعه دارد. انواع آلودگی ها شامل موارد زیر می باشند:

- آلودگی های صنعتی مثل تولیدات نفتی و مواد روغنی
- ضایعات معادن (زغال سنگ، فلزی، اورانیوم، فسفات)
- ترکیبات سمی
- اسیدهای معدنی و آلی
- نشت آبهای قلیائی
- فاضلابها، لجن و شیرابه فضولات جامد مدفون در گودالهای دفن زباله
- ضایعات صنایع چوب
- نشت از رودخانه های آلوده
- پس مانده های رادیواکتیو صنایع هسته ای و ضایعات نیروگاههای اتمی
- آلودگیهای حرارتی
- هجوم آب شور از سمت دریا
- آلودگیهای زراعی ناشی از مصرف انواع کودها و سموم دفع آفات نباتی

چنانچه گفتیم در ابتدا بایستی نوع آلاینده‌ها مشخص شود تا نحوه تأثیر گذاری آلودگی بر خواص الکتریکی آب در مناطق اشباع و غیر اشباع معین شود. در چنین مطالعاتی از روش ژئوالکتریک جهت تعیین خصوصیات آبشناختی محیط استفاده می‌گردد تا مناطق امن جهت حفر چاهها مشخص گردد و نقشه پراکندگی آلودگی و گستره آن تهیه گردد.

مسأله دیگر قابلیت نفوذ حاکم بر محیط مورد مطالعه است که بویژه در هنگام ارائه الگوهای تفسیری مناسب و با توجه به مقادیر بدست آمده از اندازه گیری‌های ژئوفیزیکی خودنمایی می‌کند. بعنوان مثال در بسیاری از موارد آبخوانهای متشکل از مواد غیر مستحکم و سخت نشده مشابه با لایه‌های همگن و همسانگرد ظاهر می‌شوند که بر حسب روابط ریاضی ساده‌ای قابل توصیف هستند. بالعکس محیطهای خرد و شکسته شده، کارستی و یا دارای نفوذپذیری‌های مختلف بصورت لایه‌های ناهمگنی ظاهر می‌شوند که انتخاب یک الگوی تفسیری مناسب را مشکل و توصیف روابط مابین خصوصیات آبشناختی و ژئوفیزیکی را بفرنج می‌نماید.

عامل مهم دیگر درجه اشباع محیط است زیرا تعیین روابط ریاضی مابین خصوصیات هیدروژئولوژیکی و ژئوفیزیکی در محیطهای غیر اشباع (منطقه تهویه) در مقایسه با محیطهای غیر اشباع بسیار پیچیده است و این در حالی است که تهیه نقشه و تعیین گستره آلودگی در محیطهای غیر اشباع در بسیاری از موارد جهت آشکارسازی آلودگی و حفاظت آبخوان قبل از رسیدن آلاینده‌ها به آن ضروری است.

علاوه بر موارد فوق الذکر گاهی لازم است راه‌حلهائی جهت نگه‌داری و حفظ کیفیت مقدار آب موجود در آبخوان ارائه گردد. در ارزیابی وضعیت یک ساختگاه، موقعیت منبع آلاینده و پدیده‌های مغشوش کننده اندازه گیری‌ها که اجرای عملیات ژئوفیزیکی را دچار مشکل و گاهی غیر ممکن می‌نمایند در نظر گرفته می‌شوند زیرا طرح و اجرای یک برنامه جامع پاکسازی و یا حفاظتی منوط به وجود اطلاعاتی دقیق راجع به ابعاد و درجه آلودگی است.

بحث:

روش‌های ژئوفیزیک سطحی به کار گرفته شده شامل V.E.S با آرایه شلومبرژه و پروفیل‌زنی افقی با آرایه‌ونر با استفاده از جریان برق مستقیم و روش‌های الکترومغناطیسی می‌باشد.

در گمانه‌زنی قائم الکتریکی تغییرات عمقی مقاومت ویژه لایه‌های تحت‌الارضی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. اساس انجام V.E.S قطع نظر از نوع آرایش به کار رفته بدین ترتیب است که هر چه فاصله الکترودهای جریان از الکترودهای پتانسیل بیشتر شود، عمق تجسس زیادتر می‌شود. مقادیر ρ_a که بعنوان تابعی از فواصل الکترودهای جریان در روی کاغذ دولگاریتمی ترسیم می‌شوند، منحنی‌های V.E.S نامیده می‌شوند. منحنی‌های V.E.S با کاربرد برنامه‌های چندلایه‌ای نظیر برنامه کامپیوتری GEOMATE که بر مبنای الگوریتمی از (Gosh, 1971) قرار دارد یا برنامه Zohdy تفسیر می‌شوند. در روش پروفیل‌زنی با انتخاب فواصل الکترودی که بسته به موضوع مورد مطالعه و با استفاده از اطلاعات بدست آمده از منحنی‌های V.E.S استخراج می‌گردد، تغییرات جانبی در سنگهای زیرسطحی مطالعه می‌شود. رابطه مقاومت ویژه الکتریکی و هدایت ویژه الکتریکی بصورت زیر است:

$$\delta \left(\frac{\mu\text{ohms}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{10^4}{\rho_a (\Omega\text{m})}$$

که معرف هدایت جریان از یک سانتی‌متر مکعب از ماده است. البته در تعیین هدایت الکتریکی روش‌های چاه‌پیمایی بر اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه رجحان دارد. هدایت مخصوص وابسته به درجه حرارت کانی‌شدگی، وجود یونهای مجزا، حرکت آبهای زیرزمینی در سنگهای حاوی مواد قابل حل، تغلیظ توسط تبخیر و یا غلظت ناشی از آغشتگی با آب دریا، فاضلابهای کارخانجات یا پساب‌های شهری است.

روش‌های EM کلاً از پاسخ سنگهای زیرسطحی نسبت به انتشار میدین EM مرکب از مؤلفه‌های الکتریکی و مغناطیسی جریان برق متناوب با فرکانس‌های چند هرتز تا چند مگاهرتز بهره می‌گیرند. عمق نفوذ میدین EM به فرکانس آن و قابلیت هدایت محیطی که در آن منتشر می‌شود بستگی دارد. گرچه از روش الکترومغناطیسی هنوز به‌طور گسترده برای

بررسی‌های کمی استفاده نشده است اما مزیت روش EM سرعت زیاد اندازه‌گیری‌ها و عدم نیاز به گسترش الکترودی در هنگام اندازه‌گیری‌هاست. Mcneill در سال ۱۹۸۰ ثابت کرد در فرکانس‌های کم (جریان‌های متناوب) خواص الکتریکی خاک با بسامد وابستگی ندارند. Acroh در سال ۱۹۸۰ و Cahyna در سال ۱۹۸۵ نشان دادند که در شرایط صحرائی یکسان مقادیر بدست آمده برای مقاومت ویژه الکتریکی از دو روش VLF و مقاومت سنجی قابل مقایسه هستند. امروزه توجه هیدروژئولوژیست‌ها به استفاده از روش DEMP (پروفایلینگ الکترومغناطیسی دوقطبی) معطوف شده است.

$$h\sqrt{\frac{f}{\rho}} = 10$$

در این رابطه h عمق نفوذ به متر، f فرکانس به هرتز و ρ مقاومت ویژه سنگهای زیرسطحی به اهم-سانتی متر می‌باشد. فرکانس مورد استفاده در روش‌های V.L.F سطحی حدود ۳ تا ۳۰ کیلوهرتز می‌باشد. عمق نفوذ علاوه بر فاکتورهای ذکر شده به جنس و ناهمگنی‌های نزدیک سطحی، شکل و وضعیت هندسی هادی‌های زیرسطحی و پارازیت دستگاه‌های اندازه‌گیری بستگی دارد.

روش دیگر اتصال به جرم است که جهت ردیابی آلودگی‌های با مقاومت ویژه الکتریکی کم مورد استفاده قرار گرفته‌اند و بر اساس محتوای اطلاعاتی بدست آمده، روش اتصال جرم بهترین روش جهت تعیین جهت جریان آلودگی شناخته شده است؛ اما عیب عمده آن کاهش اطلاعات با ازدیاد عمق است. عموماً افزایش عمق رابطه عکس با رزولوشن دارد. بعنوان مثال در آرایه‌های دوقطبی عمق بررسی بیشتر و رزولوشن کم است و در آرایه‌های ونر و شلونبرژه رزولوشن بالا و عمق تجسس کمتر است.

در بسیاری از موارد، توده آلوده کننده بوسیله جریان نسبتاً مداوم از سطح زمین یا از لایه‌های بالائی منطقه هوا دار بدون آبخوان نفوذ می‌نماید و پس از رسیدن به سطح سفره آب زیرزمینی بصورت جانبی حرکت می‌کند. غلظت ماده آلوده در موقع رسیدن آب با کیفیت نامطلوب به سفره آب زیرزمینی به سبب پراکندگی هیدرولیکی در جهت جریان

که خود ناشی از اختلاف در سرعت‌های میکروسکوپی است کاهش می‌یابد. از این رو توده آلوده شده اغلب به فرم تلی است که از منشاء آلودگی بطرف نقطه تخلیه طبیعی خود گسترش یافته است. مرزهای این تل غالباً مجزاست و بوسیله مساحت ناحیه منشاء، الگوی طبیعی جریان آب زیرزمینی و تغییرات آن بوسیله چاههای پمپاژ قابل تشخیص است. شرایط ویژه‌ای که می‌تواند صحت هرگونه عملیات مقاومت سنجی را خدشه‌دار نماید شامل ساختگاه‌های با دسترسی ناچیز، وجود هادی‌های مدفون نظیر لوله‌ها و مجاری آب یا فاضلاب و یا سیم، استفاده از وسایلی که برای عمق نفوذ خواسته شده چندان حساس نیستند و عدم دقت کافی در حین اندازه‌گیری توسط اپراتور می‌باشد. بنظر میرسد در هنگام استفاده از روش مقاومت‌سنجی الکتریکی مسائل زیر تأثیر جداگانه‌ای در موفقیت عملیات خواهد داشت:

- تباین مقاومت ویژه بخصوص مابین آب زیرزمینی آلوده شده و طبیعی
- عمق از سطح تا رأس توده شده آب زیرزمینی (ضخامت رسوبات غیراشباع)
- ضخامت توده آلوده شده آب زیرزمینی
- تغییرات جانبی در زمین‌شناسی منطقه

در طی عملیات ابتدا عملیات گمانه‌زنی الکتریکی عمودی (مقاومت در اعماق مختلف) جهت تشخیص عمق منطقه آلوده شده انجام گرفته و هر جا که چاه نگاشت‌ها در دسترس باشند بررسی‌های زمین‌شناسی نیز انجام می‌گیرند. سپس با توجه به نتایج به دست آمده از عملیات V.E.S یک سری E.P (اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه بصورت تک عمق) در محدوده مورد نظر انجام می‌گردد که تحت شرایط بخصوصی (یکنواخت بودن سازندهای زمین‌شناسی) گسترش جانبی توده آلوده معین می‌گردد. آبهای دارای زباله‌ها و آلوده‌کننده‌های هادی با غلظت بالای دارای مقادیر کمتر مقاومت نسبت به محیط اطراف خود هستند و بنابراین روش مقاومت‌سنجی الکتریکی می‌تواند با سرعت زیاد جهت توصیف و تعیین مرزهای توده آلوده شده به کار گرفته شود. اما اگر ماده آلاینده دارای هدایت قابل ملاحظه‌ای نسبت به آب زیرزمینی نباشد یا اگر خود آب زیرزمینی بصورت طبیعی خیلی هادی نباشد (TDS آن کم باشد) و یا اگر

عمق آب زیرزمینی زیاد باشد ممکن است روش مقاومت سنجی پاسخگو نباشد. طبیعتاً در چنین شرایطی بایستی از روش های دیگری کمک گرفت. (Benson (1991 معتقد است که توده های هیدروکربنی فاقد مؤلفه های غیر آلی بواسطه مقاومت زیاد خود نسبت به آبهای زیرزمینی قابل تشخیص هستند، گرچه روش های V.L.F براحتی وجود چنین توده هایی را معین می دارد. به طور کلی تجارب مختلفی در ارتباط با تعیین گستره آلودگی آبهای زیرزمینی بوسیله روش های ژئوالکتریکی در نقاط مختلف دنیا بدست آمده است. یکی از موارد انجام شده در ایران توسط ریاحی و همکاران (۱۳۷۵) در منطقه ده شیخ کهریزک تهران و با استفاده از چهار روش ژئوالکتریکی انجام گردیده است که هدف از آن تشخیص محل آلودگی نفتی خاک و تأثیر آن بر منابع آب منطقه بوده است و نگارندگان افزایش مقاومت الکتریکی خاک را ناشی از آلودگی نفتی ایجاد شده بر اثر ترکیدن لوله نفت پالایشگاه دانسته اند.

نتیجه گیری:

اهمیت روش های ژئوفیزیکی جهت ارزیابی گستره آلودگی زیرزمینی و اتخاذ تدابیر حفاظتی شرح داده شد بر کاربرد روش های ژئوالکتریک سطح الارضی و بویژه گمانه زنی الکتریکی و پروفایلینیک تأکید شد. مفاهیم بررسی آلودگی ها بوسیله روش های ژئوالکتریکی بررسی شد و به مسائلی همچون محیط آبخش، نوع آلودگی و خصوصیات آن و غیره اشاره شد و در مسائل مربوط به آب زیرزمینی بر روی خواص ویژه محیط (پارامترهای هیدروژئولوژیک) که با ارائه راه حل های مربوط به مسائل حفاظتی در ارتباطند تأکید شد و محتوای اطلاعاتی به دست آمده از روش های مختلف مقایسه شد. گزینش روش مناسب و مؤثر که وابسته به خواص الکتریکی محیط و در نتیجه در ارتباط با درجه اشباع محیط است مورد بحث قرار گرفت. گفتیم که گرچه روش ژئوالکتریک جهت حل مسائل زیست محیطی کاملاً مناسبند ولی کارائی آنها بستگی به دقت اپراتور و وسایل اندازه گیری به کار گرفته شده دارند. چنانچه آلودگی کم عمق، محیط همگن و تباین مقاومت ویژه الکتریکی ما بین آلودگی آب زیرزمینی شدید باشد، نتایج خوبی به دست خواهد آمد که مهندسان زمین شناسان و آبشناسان می توانند با توجه به آنها تجزیه و تحلیل های مقدماتی راجع به وضعیت محیط ارائه دهند.

این تجزیه و تحلیل ها شامل ارزیابی موفقیت روش پیشنهاد شده و تخمین روابط احتمالی میان متغیرهای آبشناسی و ژئوفیزیکی است؛ بعد از این بررسی ها می توان طرحی مناسب جهت حل مسأله زیست محیطی ارائه داد.

فهرست منابع:

[1] Alvin K.Benson, Kelly L. Payne, and Melissa A. Stubben; Mapping groundwater contamination using dc resistivity and VLF geophysical methods-A case study; GEOPHYSICS ; VOL.62; NO.1; JANUARY-FEBRUARY; 1997; P.80-86.

[2] Robert L. Stollar and Paul Roux; Earth Resistivity Surveys-A Method for Defining Ground-Water Contamination; GROUND WATER; Vol.13; No.2; Marc-April; 1975; P:145-150.

[3] Skuthan B.Mazac; O. Landa ;(1988); The importance of geophysical methods for protecting groundwaters from agricultural pollution; Sbor.geol. Ved, uzita Geofyz, Vol.22, P:125-139.

[4] Daniel W.Urish; The Practical Application of Surface Electrical Resistivity to Detection of Ground Water Pollution.; GROUND WATER; Vol.21; No:2; March-April; 1983; P:144-157

[5] Reinhard K. Frohlich, Daniel W. Urish , James Fuller , Mary O'Reilly; Use of geoelectrical methods in groundwater pollution surveys in a coastal environment; Journal of Applied Geophysics; Vol:32; 1994; P:139-154.