

تأثیر زمین شیمیائی مخازن نفتی آسماری بر منابع آب کارستی مسجد سلیمان

سید یحیی میرزایی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

علیرضا زراسوندی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

مریم اورنگ

دانش آموخته گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۱۲

Yahya2010@yahoo.com

چکیده

همجواری منابع آب موجود در سازندهای کارستی با میادین نفتی می تواند باعث آلودگی این منابع گردد. به دلیل اهمیت منابع آب موجود در سازندهای سخت، بررسی اثرات این تداخل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس در این تحقیق به بررسی ژئوشیمیایی تأثیر مخازن نفتی بر منابع آب کارستی و تفکیک آن با استفاده از مطالعات ژئوشیمیایی و هیدروژئوشیمیایی در منطقه مسجد سلیمان واقع در استان خوزستان پرداخته شد. نتایج بررسی نشان داد، تیپ منابع آب تاقدیس آسماری از نوع کلروره سدیک و سولفات سدیک و در گروه نامناسب برای شرب می‌باشد. بررسی نسبت آلکان‌های نرمال همچنین نتایج آنالیز رسوبات مرتبط با چشمه های منطقه نشان می‌دهد که این مواد دارای غلظت‌های تقریباً بیشتر از میزان زمینه و بترتیب به صورت $Ni > Zn > Cr > V > Cu > Pb > As > Co$ می‌باشد که نشان می‌دهد منشاء آلودگی نفتی نمونه‌های مورد مطالعه، نفت مخزن آسماری در میدان نفتی مسجد سلیمان بوده که بشدت مورد تجزیه زیستی قرار گرفته‌اند. مجموع نتایج این مطالعه نشان داد آب ذخیره شده در سازند کارستی آسماری در محل خروجی تاقدیس (چشمه گرو) با آب‌های حاصل از انحلال بین لایه‌های سازند گچساران (انحلال هالیت و ژپس) و شورابه‌ها و هیدروکربن های نفتی مخزن آسماری اختلاط و آلوده گردیده است لذا بررسی محل دقیق ورود آلاینده‌های نفتی به منابع آب تاقدیس آسماری همچنین خروج آب با کیفیت قبل از تداخل با آلاینده نفتی می تواند باعث کاهش دبی چشمه گرو و کاهش ورود آب آلود به رودخانه شور تمبی و در نهایت رودخانه کارون گردد.

کلمات کلیدی: سازند های کارستی، آلودگی نفتی، شورابه، فلزات سنگین، مسجد سلیمان

مقدمه

موجود می‌گردند (Al-Sulaimi et al., 1993). دارند. اختلاط شورابه‌های نفتی به‌مراه مواد هیدروکربنی با آب‌های زیرزمینی موجب تغییر بسیاری از مولفه‌های ژئوشیمیایی، ژئوشیمیایی آلی و هیدروشمیایی لذا درک تغییرات شیمیایی و مکانیسم ایجاد آن‌ها به منظور تعیین ارتباط بین مخازن هیدروکربنی و سفره های آب‌زیرزمینی در مناطق آلوده به نفت بسیار ضروری است. بدین منظور منطقه مسجد سلیمان که از دیر باز با مسئله آلودگی نفت مواجه می‌باشد در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت. محدوده مطالعاتی مورد بررسی واقع در ۹۰ کیلومتری شمال شرق اهواز و ۲۰ کیلومتری جنوب غرب مسجد سلیمان در حدفاصل ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه عرض جغرافیایی و ۳۱ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۸ دقیقه طول جغرافیایی می‌باشد (شکل ۱). مطالعات زیادی جهت تعیین منشاء شوری و آلاینده‌های نفتی در آبهای زیرزمینی همجوار با مخازن نفتی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات Leonard, 1964. Leonard and Ward, 1962. Desitter, 1947 Karimi and Moore, 2008. Krieger and Hendrickson, 1960 Al-Sulaimi et al., 1993. Land and Prezbindowski, 1981

یکی از مسائلی که همواره منابع آب را مورد تهدید قرار می‌دهد آلودگی های ناشی از همجواری با مخازن نفتی می‌باشد. در این میان آب زیرزمینی که یکی از مهمترین منابع تامین کننده آب شیرین محسوب می‌شوند عموماً در بسیاری از مناطق واجد نفت و گاز، بواسطه ی شرایطی مانند درز و شکستگی‌های موجود در مخازن نفتی، عملکرد و چرخش آب زیرزمینی در مناطق مجاور چاه‌ها و میادین نفتی همچنین آبشویی مناطق سطحی آلوده به مواد هیدروکربنی، در معرض تهدید آلودگی‌های نفتی قرار دارند. این موضوع با توجه به کاهش منابع آب شیرین در دهه‌های اخیر و اثرات جبران ناپذیر آلودگی‌های نفتی بر منابع آب، بسیار قابل توجه می‌باشد، از این رو توضیح رفتار و ویژگی‌های این آلودگی‌ها، همچنین تعیین ارتباط آنها با سایر منابع حائز اهمیت می‌باشد. آلودگی‌های نفتی مهمترین اثرات خود را در منابع آبی به شکل شوری آب و افزایش غلظت ترکیبات هیدروکربنی و فلزات سنگین می‌گذارند.

این موضوع در ارتباط با هیدروکربن‌های آروماتیک و شورابه‌های موجود در مخازن نفت می‌باشد که بیشترین حلالیت را در میان مواد تشکیل دهنده نفت آب می‌شود و در نتیجه موجب ازدیاد غلظت هیدروکربن‌های پایه، فلزات سنگین از جمله نیکل و وانادیم، همچنین گوگرد و انواع نمک‌ها در آبخوان و چشمه‌های

است. در این تحقیق نیز با استفاده آنالیز عناصر و هیدروکربن‌ها موجود در آب و خاک منطقه، به بررسی اثرات ژئوشیمیایی همجواری مخازن نفتی و منابع آب کارستی و تفکیک آن با استفاده از مطالعات ژئوشیمیایی پرداخته شد.

Whittemore, 1988, Mast, 1982 و رستمی زرین آبادی، ۱۳۹۳ اشاره کرد که در اکثر این تحقیقات از نسبت‌های یونی، غلظت عناصر سنگین و مقادیر هیدروکربن‌ها جهت بررسی میزان و منشاء آلودگی منابع آب بهره جسته شده



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و خوزستان

توجه به این مطالب، مبنای این پژوهش در راستای تعیین منشاء آلودگی نفتی منابع آب زیرزمینی مخزن آسماری در منطقه گلگیر مسجد سلیمان، تحلیل و آنالیز کیفی آب، خاک و نفت چشمه‌های کارستی منطقه که در ارتباط نزدیک با نشست‌های نفتی خروجی از مخزن مذکور هستند قرار گرفته است. اولین قدم در نمونه برداری کیفی تعیین نقاط مناسب جهت برداشت نمونه می‌باشد، به همین منظور موقعیت چشمه‌ها و وضعیت هیدروژئولوژیکی منطقه به دقت مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً نقاط مناسب نمونه برداری آب، خاک و نفت تعیین گردید (جدول ۱).

روش کار

همجواری منابع آب با مخازن هیدروکربنی بعلت انتقال هیدروکربن‌ها و شورابه‌های نفتی غنی از فلزات سنگین (از طریق درز و شکاف‌های مخازن)، باعث تغییرات وسیع ژئوشیمیایی و هیدروژئوشیمیایی در منابع آب می‌گردد. لذا اندرکنش بین آب، خاک و سنگ، تغییرات وسیع کاتیون و آنیونی بهمراه افزایش و یا کاهش غلظت هیدروکربن‌ها و فلزات سنگین در این محیط‌ها شکل می‌گیرد (Rittenhouse et al., 1969). این تغییرات وسیع علاوه بر اینکه به لحاظ اثرات زیست محیطی حائز اهمیت هستند، می‌توانند به عنوان پارامترهای موثر در تعیین منشا تغییرات و تفکیک جوامع ژئوشیمیایی متفاوت کمک شایانی نمایند. با

جدول ۱. نمونه‌های برداشت شده جهت انجام آزمایشات مختلف

شماره نمونه	موقعیت جغرافیایی	نوع نمونه	هدف	
AS-۱	۳۵۹۰۰۴	۳۵۱۷۴۴۷	آب	آنالیز هیدروشمی
AS-۲	۳۵۸۸۷۲	۳۵۱۷۳۹۹	آب	آنالیز هیدروشمی
AS-۳	۳۵۸۸۸۲	۳۵۱۷۳۹۶	آب	آنالیز هیدروشمی
AS-۴	۳۵۸۸۷۱	۳۵۱۷۳۸۷	آب	آنالیز هیدروشمی
AS-۵	۳۵۸۸۴۵	۳۵۱۷۳۸۷	آب	آنالیز هیدروشمی
AS-۶	۳۵۸۸۱۸	۳۵۱۷۳۵۷	آب	آنالیز هیدروشمی
AS-۷	۳۵۸۷۹۲	۳۵۱۷۳۵۷	آب	آنالیز هیدروشمی
AS-۹	۳۵۸۷۱۳	۳۵۱۷۳۲۷	آب	آنالیز هیدروشمی
AS-۱۰-B	۳۶۵۲۷۸	۳۵۱۰۴۰۲	بیتومین	آنالیزهای GC-FID و GC-MS
AS-۲-S۱	۳۵۸۸۷۲	۳۵۱۷۳۹۹	رسوب	آنالیزهای GC و XRF
AS-۳-S۱	۳۵۸۸۸۲	۳۵۱۷۳۹۶	رسوب	آنالیزهای GC و XRF
AS-۴-S۱	۳۵۸۸۷۱	۳۵۱۷۳۸۷	رسوب	آنالیزهای GC و XRF
AS-۵-S۱	۳۵۸۸۴۵	۳۵۱۷۳۸۷	رسوب	آنالیزهای GC و XRF
AS-۶-S۱	۳۵۸۸۱۸	۳۵۱۷۳۵۷	رسوب	انجام آنالیزهای GC و XRF
AS-۷-S۱	۳۵۸۷۹۲	۳۵۱۷۳۵۷	رسوب	انجام آنالیزهای GC و XRF
AS-۲-S۲	۳۵۸۸۷۲	۳۵۱۷۳۹۹	نفت	آنالیز GC
AS-۳-S۲	۳۵۸۸۸۲	۳۵۱۷۳۹۶	نفت	آنالیز GC
AS-۴-S۲	۳۵۸۸۷۱	۳۵۱۷۳۸۷	نفت	آنالیز GC
AS-۵-S۲	۳۵۸۸۴۵	۳۵۱۷۳۸۷	نفت	آنالیز GC
AS-۶-S۲	۳۵۸۸۱۸	۳۵۱۷۳۵۷	نفت	آنالیز GC

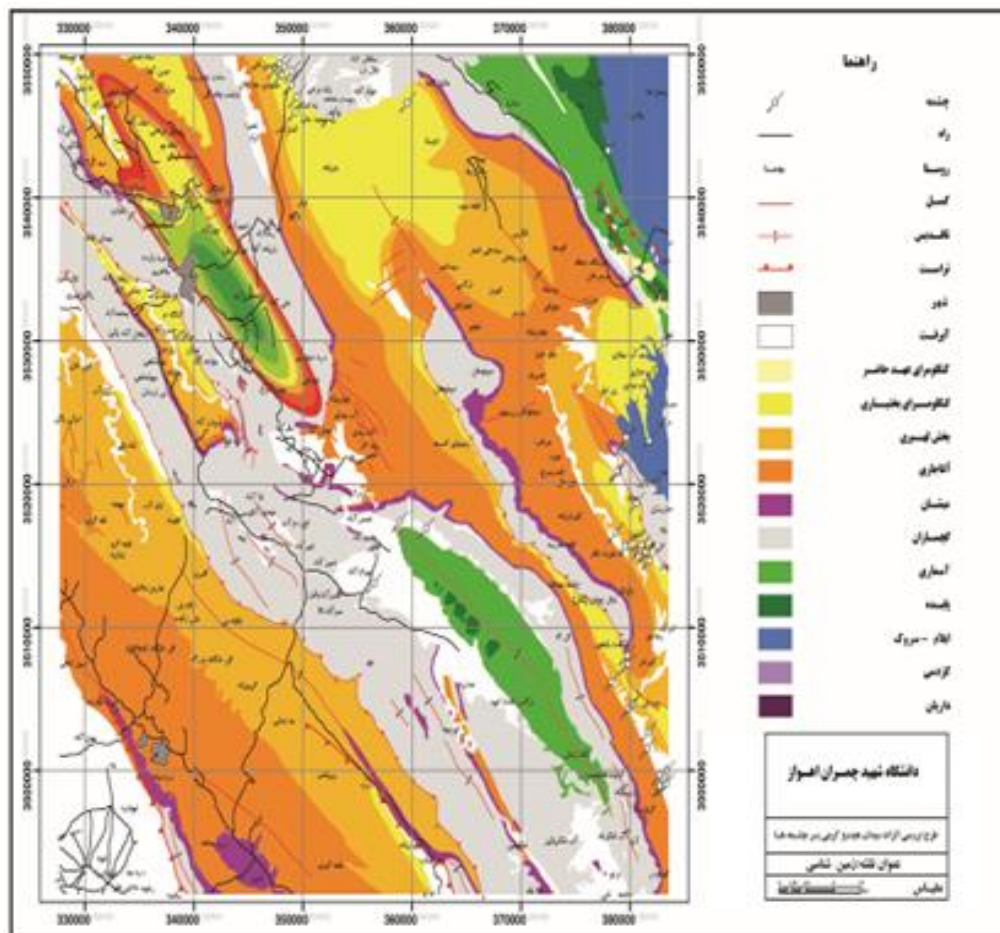
مطالعات زمین شناسی و هیدروژئولوژیکی

با توجه به ماهیت این تحقیق و ارتباط تنگاتنگ منابع آلاینده نفتی و منابع آب کارستی با سازندهای زمین‌شناسی، بررسی وضعیت زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی محدوده مطالعاتی بخش مهمی از این پژوهش را شامل می‌شود. بر اساس بررسی‌های انجام شده سازندها قابل رویت در محدوده مورد مطالعه، به ترتیب از قدیم به جدید شامل: سازند پابده، سازند آهکی آسماری (الیگو-میوسن)، سازند گچی و مارنی گچساران (میوسن)، سازند آهکی-مارنی میشان (میوسن)، سازند ماسه سنگی-مارنی آغاچاری به همراه بخش لهری (میوسن-پلیوسن)، سازند کنگلومرایی بختیاری (پلیوسن) و نهشته‌های آبرفتی کواترن می‌باشند (شکل ۲).

به لحاظ ساختاری منطقه مورد مطالعه در زاگرس چین خورده واقع شده بنابراین ساختارهای زمین‌شناسی آن نیز از این زون تبعیت می‌کند. مهمترین عارضه ساختاری موجود در منطقه تاقدیس آسماری است، این چین خوردگی سازند آسماری و توالی زیرسطحی آن در منطقه آسماری تاقدیس نامتقارن و مایل را بوجود آورده است (شکل ۳).

جهت تعیین غلظت یونهای آب زیرزمینی منطقه از روش تیتراسنجی و نورسنجی شعله استفاده شد که آنالیزهای مذکور بر اساس نمونه‌های گرفته شده از ۸ چشمه‌ی موجود در منطقه نهایتاً حاصل گردید. غلظت عناصر کمیاب محلول در نمونه‌های آب نیز به کمک دستگاه طیف سنج تابشی با منبع پلاسمای جفت شده القایی (ICP OES) مدل ULTIMA 2C SERIES HORIBA تعیین شد. در راستای بررسی سنگ و رسوب منطقه‌ی مطالعاتی ۷ نمونه مورد برداشت قرار گرفت که پس از پودر شدن، جهت تعیین مقدار عناصر موجود به آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود تهران منتقل و با دستگاه فلورسانت اشعه ایکس (XRF) مدل دستگاه Philips مدل RT1123) مورد آنالیز قرار گرفت. نمونه‌های ۵ چشمه‌ی نفتی و شیلی نفتی منطقه نیز جهت تعیین نوع و میزان احتمالی مواد هیدروکربنی بیومارکرها و انطباق آن با واحدهای لیئولوژیکی نفت دار منطقه برداشت و در آزمایشگاه دانشگاه شهید چمران اهواز تحت آنالیز GC قرار گرفتند.

از طرفی جهت مطالعات هیدروژئولوژیکی منطقه از نقشه‌های زمین شناسی، توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای بهره جسته شد و با استفاده از قابلیت‌های نرم افزارهای مکانی تحلیل‌های لازم بر روی این داده‌ها صورت گرفت.

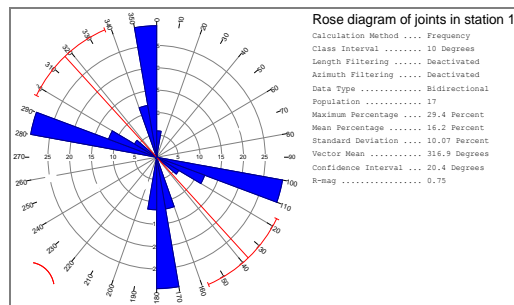


شکل ۲. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه



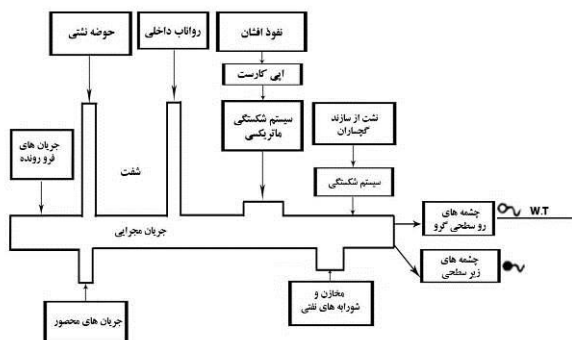
شکل ۳. نمای از یال جنوب شرقی تاقدیس آسماری

می‌باشد. براساس مطالب مطرح شده توسعه کارست در تاقدیس آسماری برای یال جنوب غربی معتبر می‌باشند (ناصری و علیجانی ۱۳۸۵).



شکل ۴. راستای غالب شکستگی های موجود در محل رخنمون چشمه ها

از لحاظ جهت جریان در این تاقدیس راستای عمومی حرکت آب در امتداد محور چین و راستایی غالب شکستگی ها به سمت پلانژ دماغه تاقدیس صورت می‌گیرد و این جریان تمایل دارد تا در امتداد سطوح ناپیوستگی تمرکز یافته و این تمرکز باعث انحلال و بازشدگی مسیره‌های و عبور حجم بالاتری از جریان در ناپیوستگی‌ها شود. علاوه بر جریان های طولی به موازات محور تاقدیس جریان‌های عمود بر محور نیز در تاقدیس دیده می‌شود که عموماً متأثر از گسل‌های و درزه‌های عمود بر محور می‌باشند. جهت نمایش سیستم آبخوان کارستی تاقدیس آسماری با تاکید بر بخش های مجاور چشمه گرو مدل مفهومی کارست منطقه ارائه گردید (شکل ۵).



شکل ۵. مدل مفهومی آبخوان کارستی آسماری (با تغییر از White 2002)

به‌طور کلی تاقدیس آسماری به صورت مایل طوری در منطقه واقع شده که احتمالاً آب کارستی در آبخوان موجود، از دماغه جنوب‌شرقی به سمت دماغه شمال‌غربی در جریان است. با مقایسه خصوصیات یال‌های شمال‌شرقی و جنوب‌غربی تاقدیس آهکی آسماری موارد زیر مشخص گردیده است (ناصری و علیجانی ۱۳۸۵): الف- سیستم زهکشی سطحی در یال شمال‌شرقی تاقدیس توسعه یافته‌تر می‌باشد. ب- به طور کلی شیب لایه‌های آهکی در یال جنوب‌غربی تاقدیس بین ۵ تا ۱۵ درجه بیشتر از شیب لایه‌ها در نقطه مقابل آن در یال شمال‌شرقی می‌باشد. عملکرد گسل‌ها بر روی یال جنوب‌غربی تاقدیس بیشتر بوده به گونه‌ای که خردشدگی شدید و زمین لغزش‌های متعدد در یال مذکور حاصل گردیده است. در مجموع درجه کارست‌شدگی در یال جنوب‌غربی تاقدیس آسماری بیشتر از یال شمال‌شرقی می‌باشد، هرچند که عملاً تاقدیس آسماری به لحاظ کارست‌شدگی در مرحله جوان (Immature) قرار دارد. به لحاظ ژنتیکی سه دسته درزه کششی، برشی و مختلط در تاقدیس آسماری وجود دارند که در فرایند کارست‌شدگی این تاقدیس اثرات متفاوتی را ایجاد نموده اند. بطور کلی در کارست آسماری درزه‌های طولی (کششی) و درزه‌های عرضی (رهایبی) که اکثراً دارای بازشدگی زیاد می‌باشند، نفوذ آب به کارست را منجر می‌شوند، درحالی که دسته درزه‌های برشی عمدتاً در هدایت زیرزمینی آب کارست آسماری مؤثر هستند. در حوالی گسل‌ها نیز غالباً درزه‌های متعددی مشاهده می‌گردد که منشاء برشی دارند. بر اساس مطالعات انجام شده در موقعیت چشمه ها دو دسته درزه N5W و E15S نیز قابل شناسایی است که با یکدیگر زاویه حدود ۷۰ درجه می‌سازند. این دو دسته درزه که نسبت به محور تاقدیس آسماری زاویه‌دار می‌باشند، از نوع درزه‌های برشی می‌باشند (شکل ۴). با توجه به مطالعات انجام شده در یال جنوب غربی تاقدیس آسماری، انحلال ترجیحی در امتداد تقاطع گسل‌ها یا یکدیگر و گسل‌ها با سطوح لایه‌بندی باعث ایجاد مجاری بزرگ و تغییر جریان ماتریکی به جریان مجاری و افزایش عبوردهی شکستگی تا چندین برابر شده است، در این یال درزه های نفوذ پذیر و مجاری فعال در حال تکامل باعث زهکشی بخش اشباع به طرف زون فراتیک شده‌اند که بر این اساس می‌توان گفت در این یال تکامل تاقدیس از لحاظ تکامل مجاری در مرحله میانی توسعه مجاری کارستی قرار دارد. بر خلاف یال جنوب غربی در یال شمال شرقی تاقدیس آسماری وجود سیستم زهکشی سطحی موازی و متراکم بیانگر عدم توسعه کارست عمقی در این ناحیه



شکل ۷. نمایی از آب خروجی از چشمه گرو با غلظت بالای از املاح



شکل ۸. خروج نفت از مجاورت دهانه های چشمه گرو

در مدل مفهومی ارائه شده در شکل ۶ خروجی سیستم کارستی را چشمه‌های روسطحی گرو و چشمه‌های زیر سطحی تشکیل می‌دهند، در تاقدیس آسماری بخش عمده ای از تخلیه آبخوان را چشمه گرو بر عهده داشته که ایجاد این چشمه در منطقه حاصل برخورد سطح ایستایی کارست با لایه ای نفوذ پذیر سازند گچساران در محل رخنمون چشمه بوده که همین عامل باعث خروج آب در تراز رودخانه شور در منطقه شده البته بخشی از آب موجود در سیستم به دلیل تجمع رسوبات رودخانه در محل و تراز ایستایی زون اشباع کارست به آبرفت زیر رودخانه تزریق می‌شود. از لحاظ هیدروژئولوژیکی چشمه کارستی گرو شامل ۸ دهانه اصلی بوده که بر اثر نیروی ثقل در انتهای مسیر تخلیه آبخوان کارستی آسماری قرار گرفته و باعث تخلیه این آبخوان بزرگ می‌گردد. بخشی از آب آبخوان به شکل زیر سطحی به آبرفت رودخانه شور تمبی تزریق می‌گردد. شکل (۹) از لحاظ آبدهی دهانه اول چشمه گرو پرآب ترین دهانه است و در محل خروج آب سینترهای سفید رنگ دهانه چشمه‌ها را پوشانده که این مواد به همراه لجن‌های سبز و آلودگی‌های هیدروکربنی قابل مشاهده می‌باشند. با توجه به اینکه خروجی‌های این چشمه متمرکز نبوده هیچ گونه ابزار اندازه‌گیری بر روی این چشمه نصب نگردیده، بنابراین برآورد دقیقی از دبی چشمه‌ها ممکن نیست لیکن به طور تقریبی می‌توان گفت که آبدهی از ۳۳۰ تا ۵۰۰ لیتر در ثانیه متغیر می‌باشد قابل ذکر است که در فصول خشک مقدار دبی کمتر و برخی از دهانه های چشمه خشک می‌شوند. شکل (۱۰) آب چشمه از لحاظ درجه حرارت رنج حرارتی نسبتاً ثابتی دارد و دمای آب چشمه در زمستان حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد و در تابستان حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد ثبت گردیده است

جهت تهیه این مدل از مطالعات محققان Bakalowicz, White, 2002, Clemens et al., 1999 و Clemens et al., 2005 استفاده شده است. در مدل مفهومی ارائه شده (شکل ۵) تغذیه سطحی این سیستم کارستی به شکل‌های متنوعی صورت می‌گیرد که از آن جمله تغذیه آلوزنیک ناشی از نشت آب از سازند گچساران، نفوذ از آبخوان‌های مجاور، نفوذ آب از سطح آهک برهنه و خاک از طریق شکستگی های ماتریکی و افشان و در نهایت نفوذ رواناب از طریق سیستم‌های مجرای عمودی صورت می‌گیرد. در حالت تغذیه افشان ابتدا آب باریده شده بر روی منطقه از سطح آهک و خاک پوشیده شده بر آهک عبور کرده و به دلیل وجود یک سیستم شکستگی ماتریکی حرکت به آرامی و با اشباع کردن بخش غیر اشباع آبخوان صورت می‌گیرد و در نهایت به سطح ایستایی و زون اشباع می‌رسد در منطقه‌ی مطالعاتی مقدار زیادی از آب نفوذی از سطح کارست، به صورت تغذیه یکنواخت افشان از طریق درزه‌ها به سمت پایین حرکت می‌نماید شکل (۶).



شکل ۶. نمایی از سیستم شکستگی سازند آسماری

در حالت دوم آب باریده شده تجمع پیدا کرده و مسیر خود را از طریق یک مجرای عمودی به طرف زون اشباع ادامه می‌دهد که نشان از افزایش بلوغ سیستم های انتقالی کارست می‌باشند هرچند نمایه‌های سطحی این گونه سیستم های مجرای توسعه یافته در منطقه آسماری دیده نمی‌شود. بخشی از تغذیه آلوزنیک آبخوان نیز همان طور که در مدل مفهومی ذکر شده دیده می‌شود ناشی از نشت آب از سازند گچساران در تماس با سازند آسماری است، به دلیل وجود توالی انحلال پذیر در این سازند آب نشتی از آن به آبخوان کارستی به عنوان یکی از عوامل افزایش دهند های املاح و مواد موجود در آب آبخوان آسماری عمل می‌نماید(ناصری و علیچانی ۱۳۸۵). لازم به ذکر است که با توجه به اینکه مطالعات زیر سطحی خالصی در منطقه صورت نگرفته لذا بیان دقیق خصوصیات بخش اشباع آبخوان تنها بر اساس سیستم‌های کلی حاکم بر کارست می‌باشد، به هر حال آب نفوذی از طریق مجاری فرو برنده یا سیستم درزه و شکاف با حرکت عمودی به سطح آب کارست می‌رسد و در کانال‌های کوچک، شکستگی‌ها و منافذ اولیه آهک ذخیره سپس در راستای نزدیک به افق از طریق مجاری منتهی به یک مجرای زیرزمینی، به سمت چشمه گرو حرکت داده می‌شود. علاوه بر تغذیه‌های رو سطحی منابع تغذیه کننده زیرسطحی نیز برای این آبخوان در نظر گرفته شده است. همانطور که در مدل مفهومی آبخوان کارستی آسماری اشاره شده است انتقال آلاینده های نفتی و وجود شورابه های نفتی در خروجی اصلی تاقدیس می تواند نشان دهنده ورود این آلاینده‌ها از مخازن نفتی موجود در منطقه باشد (اشکال ۷ و ۸)

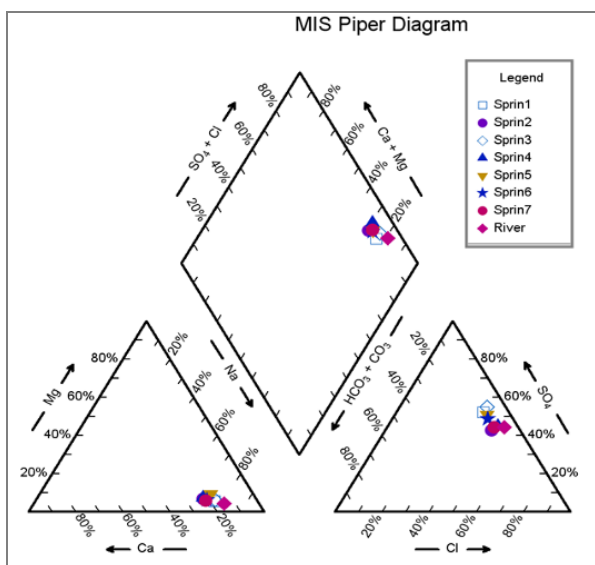
بررسی لاگ چاه اکتشافی حفر شده در مجاورت چشمه وجود یک زون به شدت خرد شده به همراه مواد نفتی را در بخش‌های بالایی چشمه تأیید کرده است. شکل (۱۲)



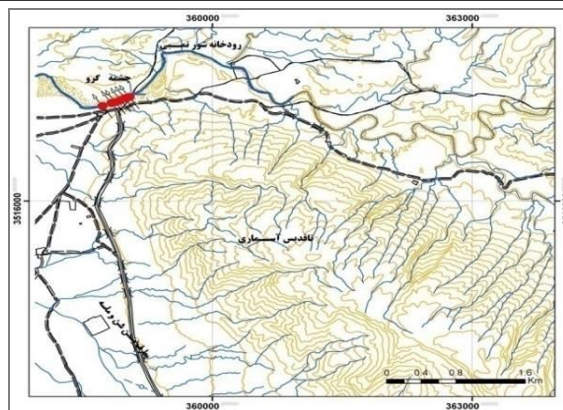
شکل ۱۲. نمایی از چاه اکتشافی موجود در بخش بالایی چشمه گرو

بررسی هیدروژئوشیمیایی منابع آب منطقه

همانطور که بیان گردید اصلی ترین تخلیه کننده آب تاقدیس آسماری چشمه گرو می‌باشد به همین دلیل بیشتر مطالعات هیدروژئوشیمیایی صورت گرفته در منطقه بر روی دهانه‌های متعدد این چشمه و منابع آب مجاور آن متمرکز شده است (جدول ۲). جهت تعیین تیپ آب، رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی و مسیرهای تکامل هیدروژئوشیمیایی آبخوان، نمودارهای پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی و سطحی محدوده آسماری ترسیم شد. شکل (۱۳)



شکل ۱۳. نمودار پایپر نمونه‌های آب محدوده آسماری



شکل ۹. موقعیت رخنمون چشمه های گرو در منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۰. نمایی از یکی از دهانه های پر آب چشمه گرو

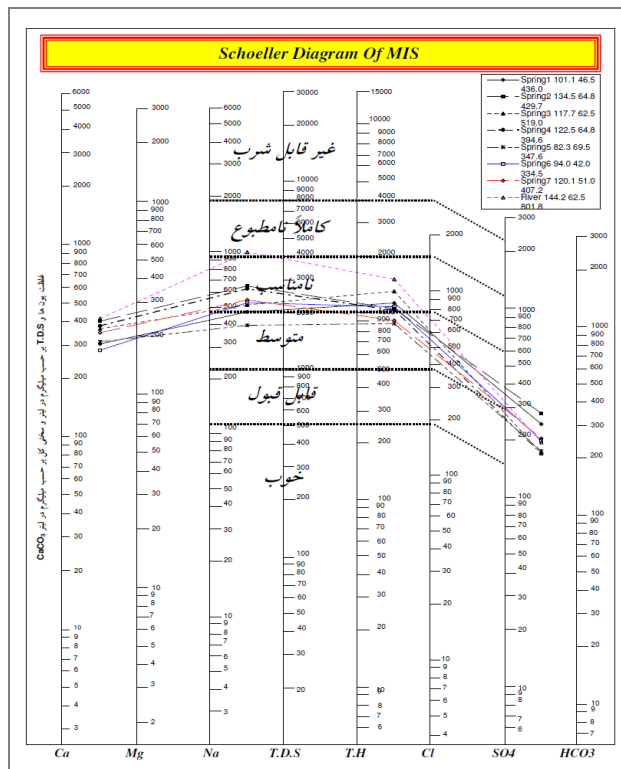
چشمه گرو در تقسیم بندی‌ها هیدرولوژیکی در گروه چشمه‌های معدنی گوگردی قرار می‌گیرد و دارای خواص درمانی می‌باشد که در حال حاضر نیز اهالی منطقه با ایجاد استخرهای دست ساز در دهانه‌های چشمه در آن استحمام می‌کنند ولی شدت گاز سولفید هیدروژن به حدی است که به سرعت باعث سرد درد شده و ایستادن در مجاورت چشمه را سخت می‌کند. بررسی زمین شناسی ساختمانی چشمه گرو نشان می‌دهد این از نوع چشمه ی درزه‌ای - گسلی بوده و احتمالاً راستای گسل ایجاد کننده چشمه هم راستا گسلش اصلی تاقدیس آسماری به موارات محور چین می‌باشد. شکل(۱۱)



شکل ۱۱- نمایی از آهک به شدت خرد شده در مجاورت روخانه شورتمبی و دهانه چشمه

جدول ۲- مقادیر پارامترهای کیفی اندازه گیری شده بر اساس میلیگرم بر لیتر

محل نمونه برداری	X	Y	EC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na/Cl
spring ۱	۳۵۹۰۰۴	۳۵۱۷۴۴۷	۳۸۳۰	۳۶۸۰	۶۳۳/۶	۱۷۸۶۴/۳۳	۱۸۶۰۵	۲۷۷۲۵/۵	۵۱۸۴۰	۰/۶۴
spring ۲	۳۵۸۸۷۲	۳۵۱۷۳۹۹	۴۵۸۳	۴۸۰۰	۸۶۴	۱۷۶۰۸/۵۷	۲۱۲۰۹/۷	۳۸۴۳۷/۶۳	۴۸۳۸۴	۰/۴۶
spring ۳	۳۵۸۸۸۲	۳۵۱۷۳۹۶	۴۴۶۰	۴۲۴۰	۸۳۵/۲	۲۱۲۱۲/۹	۱۳۰۲۳/۵	۳۰۲۸۱/۵	۵۹۹۰۴	۰/۷۰
spring ۴	۳۵۸۸۷۱	۳۵۱۷۳۸۷	۴۲۹۰	۴۴۰۰	۸۴۶	۱۶۱۸۷/۴	۱۳۰۲۳/۵	۳۷۱۷۷/۳۸	۴۷۴۶۲/۴	۰/۴۳
spring ۵	۳۵۸۸۴۵	۳۵۱۷۳۸۷	۳۴۴۷	۳۰۴۰	۹۲۱/۶	۱۴۲۸۳	۱۳۳۹۵/۶	۲۳۴۳۷/۱	۴۰۳۲۰	۰/۶۱
spring ۶	۳۵۸۸۱۸	۳۵۱۷۳۵۷	۳۳۷۰	۳۴۴۰	۵۷۶	۱۳۷۵۴	۱۵۲۵۶/۱	۳۱۱۵۱/۲۵	۴۹۵۳۶	۰/۴۴
spring ۷	۳۵۸۷۹۲	۳۵۱۷۳۵۷	۳۹۸۳	۴۳۲۰	۶۹۱/۲	۱۶۶۹۸	۱۵۶۲۸/۲	۳۲۲۶۲/۴	۴۱۸۸۴/۸	۰/۵۲
river	۳۵۸۷۱۳	۳۵۱۷۳۲۷	۶۵۸۸	۵۱۲۰	۸۳۵/۲	۳۲۵۸۶/۴	۱۴۸۸۴	۵۸۸۵۳/۶۸	۶۹۳۵۰/۴	۰/۵۵

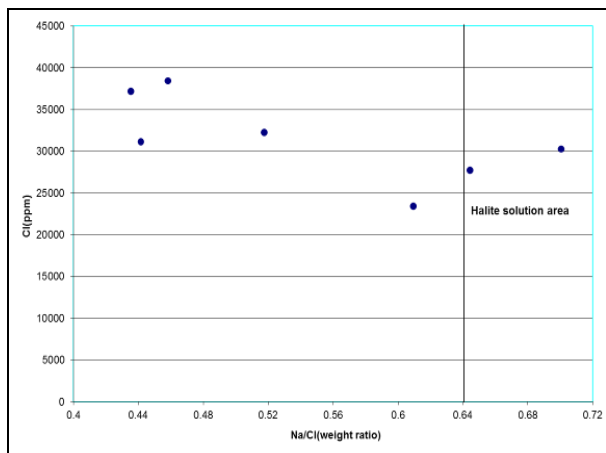


شکل ۱۴- نمودارهای شولر نمونه‌های آب محدوده آسماری

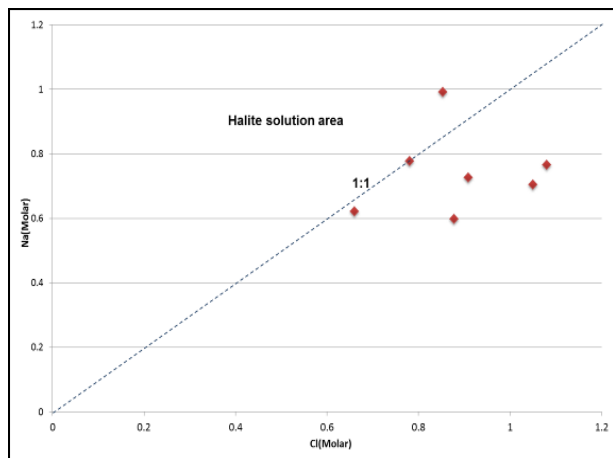
بررسی علل شوری منابع آب منطقه

با توجه به وضعیت عمومی منطقه و شواهد موجود، همچنین مشاهدات زمینی دو عامل اصلی ورود شورابه‌های نفتی و هالیت انحلال یافته به سیستم کارستی می‌تواند باعث کاهش کیفیت و شوری شدید آب چشمه گرو گردد. Leonard and Ward (۱۹۶۲) از نسبت وزنی Na/Cl برای تمایز شورابه‌های حاصل از انحلال نمک از شورابه‌های نفتی استفاده کردند در این بررسی مشخص گردید که نسبت وزنی Na/Cl در شورابه‌های حاصل از انحلال هالیت بیش از ۰/۶ است (نسبت مولی برابر با ۱ و نسبت وزنی برابر با ۰/۶۴۸) و در شورابه‌های نفتی این نسبت به کمتر از ۰/۶ می‌رسد، همچنین این نسبت با افزایش میزان کلر در شورابه‌های نفتی کاهش پیدا می‌کند.

بر اساس نتایج آنالیز نمونه‌های برداشتی از منابع تاقدیس آسماری تیپ منابع آب موجود از نوع کلروره سدیک و سولفاته سدیک می‌باشد. در بررسی اولیه و بر اساس مشاهدات به نظر می‌رسید اختلاط آب بی‌کربناته کلسیک موجود در سیستم آبخوان کارستی آسماری با شورابه نفتی بالا رونده از طریق غسل پی سنگی آسماری و انحلال ژئیس موجود در سازند گچساران که در مجاورت تاقدیس قرار گرفته، باعث تخریب کیفی آب چشمه گرو شده است. رخنمون قیر در اطراف مظهر چشمه گرو و وجود گاز سولفید هیدروژن محلول در آب چشمه، نمایانگر احتمال مشارکت شورابه نفتی در تغذیه آب چشمه گرو می‌باشند. رودخانه‌ی شور تمبی نیز به دلیل مجاورت با چشمه گرو مورد برداری و آنالیز شیمیایی قرار گرفت، بر اساس این آنالیزها تیپ آب رودخانه‌ی مذکور نوع سولفاته سدیک با هدایت الکتریکی برابر با ۶۵۸۸ میکرو موهس بر سانتی‌متر می‌باشد و در نمودار پایپر در مجاورت نمونه‌های حاصل شده از چشمه گرو قرار می‌گیرند. این رودخانه در مسیر عبوری خود در مجاورت چشمه و پس از دریافت شورابه جاری از چشمه‌های نمک قلعه مدرسه دارای رخساره کلر سدیک می‌شود. وجود رسوبات نمکی در کف رودخانه تمبی مربوط به خروجی چشمه گرو در دوره‌های خشک رودخانه و انحلال آنها در دوره‌های تر رودخانه باعث ایجاد استرس‌های کیفی در آب رودخانه می‌شود لذا افزایش دبی رودخانه در ابتدای فصول تر چندان نمی‌تواند باعث کاهش مقدار هدایت الکتریکی این رودخانه گردد. این رودخانه در مسیر خود از ورودی‌های دیگری نیز تغذیه می‌شود که برخی از منابع کارستی بوده بنابراین در ادامه مسیر تیپ آب این رودخانه متغیر خواهد بود. تعیین کیفیت نمونه‌های آب محدوده‌ی مطالعاتی به کمک نمودار شولر صورت پذیرفت، براساس این نمودار تشابه الگوی زیادی بین ترکیب آب دهانه‌های مختلف چشمه گرو با رودخانه شور تمبی دیده می‌شود. شکل (۱۴) همان طور که در شکل (۱۴) مشاهده می‌شود یون های SO₄, Cl, Na در تمامی نمونه‌های بیشترین و یون Mg کمترین غلظت را دارا می‌باشند. با توجه به نمودار شولر ترسیم شده از لحاظ شرب، نمونه‌های مورد بررسی در این مطالعه در گروه نامناسب قرار می‌گیرند. نمودار شعاعی منابع آب انتخابی در محدوده مطالعاتی جهت بررسی و مقایسه همزمان رخساره‌ها و تفکیک رخساره‌های هیدروشیمیایی نیز ترسیم گردید (شکل ۱۵). نمونه‌های آب چشمه گرو و رودخانه الگوی مشابهی در نمودارهای شعاعی نشان می‌دهند. در این نمودارها یونهای کلر، سولفات و سدیم دارای بیشینه غلظت می‌باشند که این شرایط موید وجود منابع شوری در محدوده آسماری و تداخل و اختلاط آن با آب‌های کارستی سازند آسماری می‌باشد.

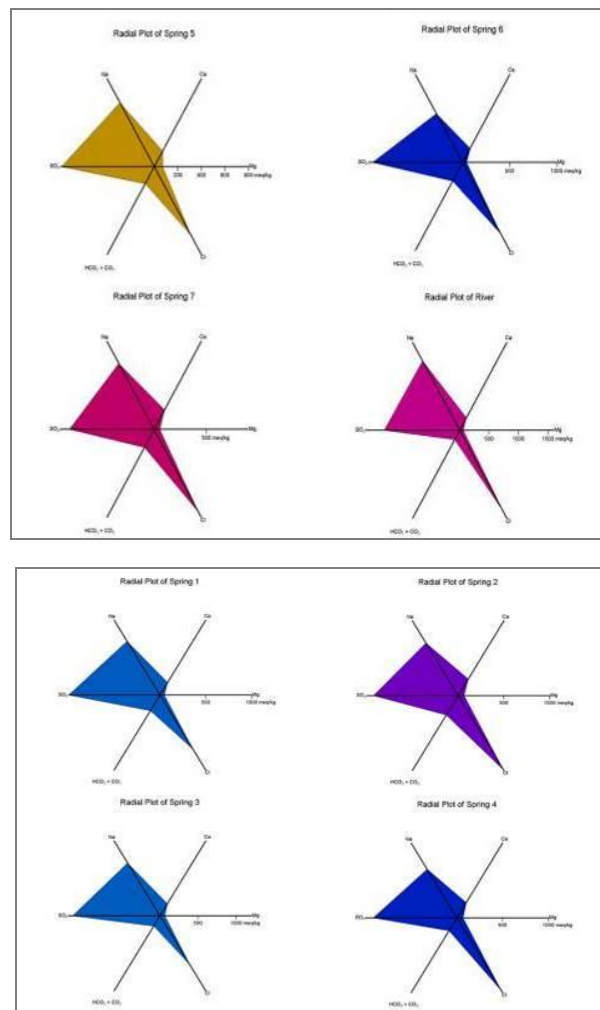


شکل ۱۶. نمودار نسبت وزنی سدیم / کلر در مقابل کلر



شکل ۱۷. نمودار نسبت مولی کلر در مقابل سدیم و خط ۱:۱

این روش را در مورد منطقه مورد مطالعه دچار مشکل می‌کند وجود همزمان هر دو عامل شوری در مجاورت منابع آب می‌باشد. انحلال ژپس موجود در سازند گچساران موجود در مجاورت آبخوان باعث افزایش مقدار سولفات در تمامی نمونه‌های برداشتی شده است ولی وجود شواهد سطحی و نسبت های موجود بین یون سدیم و کلر وجود شورابه های نفتی را نیز تأیید می‌کند. بر این اساس می‌توان گفت اختلاط سه گروه آب شامل آب کارست، آب های حاصل از انحلال بین لایه های سازند گچساران (انحلال هالیت و ژپس) و شورابه های نفتی مخازن موجود در منطقه وجود داشت. برای بررسی اختلاط منابع آب موجود در منطقه از نمودارهای ترکیبی استفاده گردید. این نمودارها ابزار مفیدی در تعیین اختلاط منابع آب می‌باشند (Mazor, 1991). با توجه به اهمیت یون کلر و پایداری آن در محیط های آبی، نمودار این یون در مقابل مجموع یون‌ها موجود ترسیم شد. شکل (۱۸) جهت تفسیر نمودار ترکیبی از الگو های موجود که توسط Mazor, 1991 ارائه گردیده است استفاده شد. بررسی الگوی پراکنش نمونه‌ها در نمودار پراکنشی مثلثی را نشان می‌دهد، این الگو معرف اختلاط سه تیپ آب با خصوصیات مختلف در منابع آب مورد بررسی می‌باشد که این امر تأیید کننده شواهد موجود در منطقه می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان نمود که تأثیر همزمان دو



شکل ۱۵. نمودارهای شعاعی نمونه‌های آب انتخابی محدوده آسماری

در این پژوهش نیز به منظور تعیین نوع شورابه های خارج شده از چشمه گرو مقادیر نسبت وزنی سدیم در مقابل کلر همچنین نسبت مولی این دو یون، در چشمه‌ی مذکور پرداخته شد و نتایج پس از محاسبه به کمک نمودار نسبت وزنی سدیم به کلر در مقابل کلر و نمودار نسبت مولی کلر در مقابل سدیم ارائه شده است (Whittemore, 1984) (اشکال ۱۶ و ۱۷). نمودار نسبت وزنی سدیم به کلر نشان می‌دهد که از مجموعه خروجی‌های موجود در محدوده گرو دو دهانه دارای نسبت وزنی سدیم به کلر بالای ۰/۶۴۸ و نسبت مولی بالای ۰/۹۹ هستند (انحلال هالیت) و در سایر دهانه این نسبت های وزنی کمتر از ۰/۶ می‌باشد. وضعیت پراکنش مولی نمونه‌ها در اکثر خروجی‌های چشمه موید تأثیر شورابه های نفتی را بر منابع آب تأیید می‌کند. دلیل پائین بودن نسبت وزنی و مولی سدیم به کلر در شورابه های نفتی تبادل یونی سدیم و خروج آن از محیط در طی زمان می‌باشد لذا در طی زمان با خروج و کاهش مقادیر سدیم در محیط شورابه نفتی و عدم واکنش کلر با سایر یون‌ها، به نسبت، مقدار سدیم کاهش و مقدار کلر افزایش می‌یابد از دیگر مشخصات شورابه های نفتی کم بودن سولفات شورابه‌ها نفتی در مقایسه با شورابه‌های هالیتی است. عموماً نسبت $(Ca+Mg)/SO_4$ شورابه های نفتی بیش از ۱ و در مورد شورابه های هالیت برابر ۱ است. عاملی که استفاده از

این کاهش غلظت را می‌توان به حاکم بودن شرایط اکسیدی در سطح و هنگام خروج آب نسبت داد

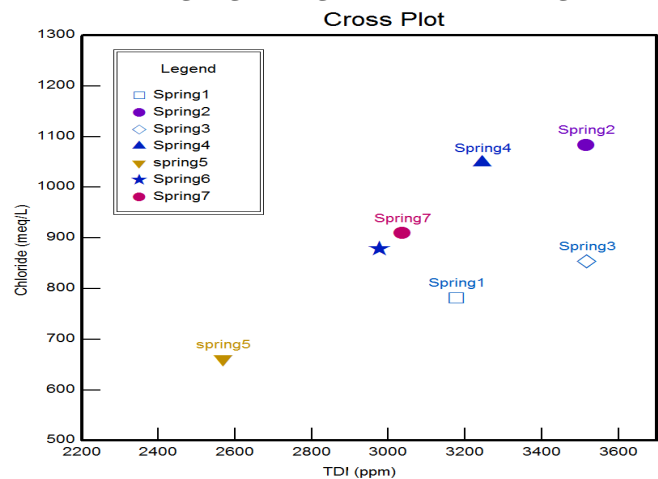
در این شرایط، این عناصر از حالت محلول خارج شده و جایگاه‌های مناسبی جهت رسوب در کانیهای اکسیدی آهن می‌یابند (Fetter, 1994). عدم وجود وانادیوم در نمونه‌ها نیز می‌تواند مرتبط با این موضوع باشد، (د عناصری مانند نیکل و فسفر در غلظت‌های بالا یافت می‌شوند که حتی با وجود شرایط رسوبگذاری در آب هنوز بصورت محلول دیده می‌شوند. فراوانی این عناصر به همراه آرسنیک می‌تواند ناشی از فعالیت زیستی باکتری‌ها در محیط و به خصوص در محیط‌های احیایی باشد که باعث احیای آرسنات به آرسنیت و آزاد شدن آرسنیک (به صورت آرسنیت) در آب زیرزمینی می‌شود. این باکتری‌ها انرژی مورد نیاز خود را از اکسایش بی‌هوازی مواد آلی به دست می‌آورند. نمونه‌ای از مواد آلی مذکور، "مواد آلی مرتبط با هیدروکربن‌های نفتی" (PROMS) هستند که وجود آن‌ها در مطالعات آتی به اثبات رسیده است. نتیجه اکسایش این مواد، از یک سو احیای آرسنات و اکسی-هیدروکسیدهای کلوبیدی آهن و منگنز سه ظرفیتی و در نتیجه آزاد شدن آهن و منگنز و آرسنیک و از سوی دیگر آزاد شدن عناصر تشکیل دهنده ماده آلی (مثلا در مورد مواد هیدروکربنی آزاد شدن نیکل و وانادیوم و فسفر) خواهد بود (رضائی، ۱۳۸۴).

آنالیز کروماتوگرافی گازی

آلکانهای نرمال، بصورت خاص، پیک‌های اصلی را در کروماتوگرام‌های گازی نفت‌های بالغ تشکیل می‌دهند. الگوی توزیع آلکان‌های نرمال به نوع ماده آلی، بلوغ حرارتی، مهاجرت و تجزیه زیستی بستگی دارد. در نتیجه تخریب زیستی، پارافین‌های نرمال قبل از هر نوع ترکیب دیگری (ایزوپرنوئیدهای غیرحلقوی و ترکیبات حلقوی) از بین می‌روند. در نقطه‌های شدیداً تجزیه شده در مقایسه با انواع تجزیه نشده، نسبت‌های Pr/nC_{17} و Ph/nC_{18} مقادیر بالایی را نشان می‌دهند. کاهش فراوانی آلکان‌های نرمال فرار (C_{15})، می‌تواند به دلیل بلوغ حرارتی پایین، مهاجرت (جدایش فازی)، هوازدگی و یا فرایندهای آبشویی صورت گیرد. کروماتوگرام گازی مربوط به هیدروکربور استخراج شده از نمونه خاک سطحی سه نکته جالب توجه را نشان می‌دهد:

- ۱- حذف آلکان‌های نرمال فرار (C_{15})، ۲- کاهش فراوانی آلکانهای نرمال در محدوده C_{16} - C_{22} ، ۳- افزایش فراوانی ایزوپرنوئیدهای غیرحلقوی به منظور تعیین منشأ احتمالی هیدروکربور موجود در این نمونه ابتدا می‌بایست علت کاهش و افزایش فراوانی گروههای مختلف هیدروکربوری را مشخص نمود. آلکانهای نرمال فرار (C_{15}) به طور طبیعی همزمان با استخراج هیدروکربور از نمونه تبخیر شده و از بین می‌روند. کاهش فراوانی آلکان‌های نرمال در محدوده C_{16} - C_{22} می‌تواند به دلیل تأثیر تخریب زیستی باشد. آلکان‌های نرمال با وزن مولکولی پایین اولین ترکیباتی می‌باشند که در معرض تخریب زیستی قرار می‌گیرند. این ترکیبات در مقایسه با همولوگ‌های با وزن مولکولی بالا از حساسیت بالایی برخوردارند، و در سطوح پایین تخریب زیستی اولین ترکیباتی هستند که از بین می‌روند. یکی دیگر از نکات جالب توجه که در کروماتوگرام مربوط به این نمونه مشاهده می‌شود افزایش فراوانی ایزوپرنوئیدهای غیرحلقوی است. از جمله مهمترین ترکیبات ایزوپرنوئیدی غیرحلقوی، پریستان (Pristane, Pr) و فیتان (Phytane, Ph) را می‌توان نام برد که به ترتیب در مجاورت آلکان‌های نرمال C_{17} و C_{18} ظاهر می‌شوند. شکل (۱۹)

سیستم شورابه نفتی و انحلال بین لایه ای ژیبسی سازند گچساران بر منابع آب سازند آسماری باعث شوری آب و ایجاد پیچدگی در تحلیل نمونه‌های این چشمه گردیده است. اثر انحلال ژیبس سازند گچساران و اختلاط آبهای سولفات با آب چشمه در چند خروجی باعث وجود تنوعی از تیپ آب کلروره سدیک و سولفات سدیک در خروجی‌ها شده است که این روند را می‌توان در نمودار پایپر نیز مشاهده کرد. شکل (۱۳). با توجه به وضعیت عمومی چشمه به نظر می‌رسد ارتباط چشمه با آبخوان‌های آبرفتی مجاور همچنین نحوی ورود شورابه نفتی به آبخوان کارستی عامل تفاوت در تیپ آب برخی از خروجی‌ها می‌باشد



شکل ۱۸. نمودار ترکیبی مجموع یون‌ها در مقابل یون کلر

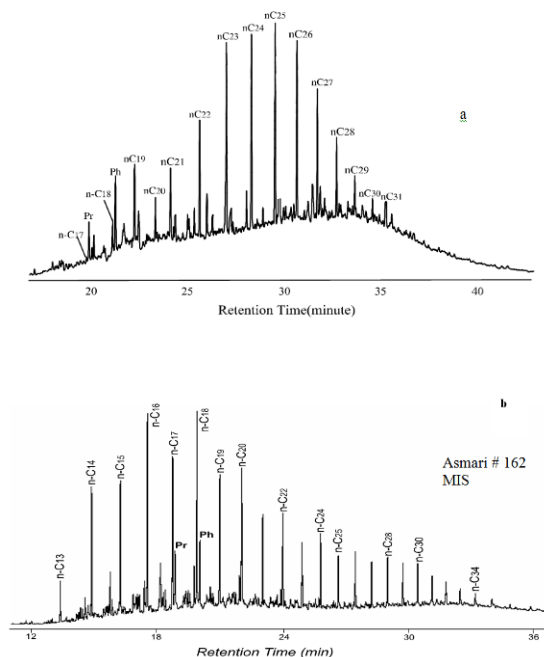
بررسی هیدروژئوشیمیایی منابع آب منطقه جهت عناصر کمیاب

عناصر کمیاب، تأثیر به‌سزایی در هیدروژئوشیمی و کیفیت منابع آب زیرزمینی دارند و بررسی هیدروژئوشیمیایی این منابع بدون پرداختن به عناصر مذکور ارزش چندانی ندارد. غلظت این عناصر در محیط آبخوان به شدت تحت تأثیر شرایط حاکم بر محیط آبخوان بوده (منظور دما، pH، Eh، کدورت و...) و در بسیاری از موارد افزایش غلظت آن بدون تغییر دادن رنگ، طعم، بو و سایر خصوصیات فیزیکی آب باعث از دست رفتن کیفیت مطلوب و نوعا سمی شدن آب می‌شود. در این پژوهش جهت بررسی کیفیت آب‌های منطقه مورد مطالعه از نقطه نظر مقادیر عناصر کمیاب و استفاده از این عناصر بعنوان نشانگر آلودگی‌های با منشأ متفاوت عناصر مختلف (نزدیک به ۶۰ عنصر) چون آرسنیک، آهن، منگنز، نیکل و وانادیوم اندازه‌گیری شده و مدنظر قرار گرفته است. تعداد ۹ نمونه از آب چشمه‌های موجود در دماغه تاقدیس آسماری توسط دستگاه ICP در سازمان زمین‌شناسی تحت آنالیز قرار گرفتند که نتایج حاصل در جدول ۳ ارائه گردیده است.

از میان عناصر مذکور عنصر آرسنیک نیکل، آهن، وانادیم، منگنز و فسفر جهت ردیابی آلودگی‌های نفتی و تعیین منشأ این آلودگی‌ها بیشتر مد نظر بوده‌اند. نگاه اجمالی به نتایج حاصل از این آنالیزها نشان می‌دهد که: الف) تقریباً تمام نمونه‌ها بر طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۴) دارای آرسنیک بالاتر از مقدار مجاز آب شرب (۱۰ ppb) هستند. ب) میانگین غلظت آهن در نمونه‌ها نشان می‌دهد که آبهای منطقه بطور کلی آلوده به آهن نیستند. لذا غلظت پائینی آهن می‌تواند ناشی از رسوب سریع آهن در محیط باشد، که وفور کانی‌های آهن‌دار در منطقه این موضوع را تأیید می‌کند (Fetter, 1994). ه) غلظت عناصر کمیابی نظیر آهن، منگنز و کبالت و کروم در نمونه‌های منطقه بسیار کم است که

جدول ۳. نتایج حاصل از آنالیز ICP بر روی نمونه های آب برداشت شده از منطقه

شماره	AS-۲	AS-۲	AS-۳	AS-۴	AS-۵	AS-۶	AS-۷	AS-۹
کد	۴۰۴۸	۴۰۴۹	۴۰۵۰	۴۰۵۱	۴۰۵۲	۴۰۵۳	۴۰۵۴	۴۰۵۵
Ag	۰/۰۹۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳۱	۰/۰۲۹	۰/۰۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۳۱
AL	۰/۰۱۵	۰/۰۱۶	۰/۰۸	۰/۰۳۸	۰/۰۲۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳
AS	۰/۱۶۳	۱/۵۹۵	۰/۵۱۳	۰/۳۲۴	۰/۳۳۸	۰/۱۳۱	۰/۱۰۲	۰/۱۴۲
Ba	۰/۷۴۹	۰/۱۷۸	۰/۱۷۳	۰/۱۷۲	۰/۱۸۱	۰/۱۱۲	۰/۱۳۱	۰/۳۶۸
Bi	۰/۰۵۹	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۲۷	۰/۰۳۷	۰/۰۲۷	۰/۰۴	۰/۰۴
Ca	۳۲۷/۹۸	۱۱۷/۰۱	۱۱۲/۰۹	۱۱۸/۴۳	۱۳۴/۹۶	۶۸/۶۰	۸۸/۰۴	۱۸۴/۶۶
Cd	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Ce	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Co	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴
Cr	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	.	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
Cu	۰/۰۰۷	<۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
Dy	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Er	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Eu	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Fe	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲
Gd	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Hf	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	.	۰/۰۰۲
Ir	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	<۰/۰۱	۰/۰۰۵	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
K	۲۲/۱۳۷	۱۸/۱۳	۱۷/۵۹۱	۱۴/۹۶۹	۱۳/۲۹۱	۱۳/۱۶	۱۴/۷۲	۱۶/۸۸۳
La	۰/۰۵۳	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۳۸	۰/۰۴۴	۰/۰۴۹
Mg	۴۰/۱۷۷	۴۲/۹۲	۴۳/۶۵۶	۴۵/۵۳۳	۵۰/۴۵۷	۲۹/۹۹	۳۷/۸۲	۴۲/۰۷۷
Mn	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	<۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Mo	۰/۰۲۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۱
Na	۶۲/۹۱۸	۱۳/۰۸	۱۳/۸۶۳	۱۲/۹۳۳	۱۴/۵۱۸	۷/۲۸۹	۹/۱۴۴	۲۳/۸۰۱
Nd	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۰۱
Ni	۰/۰۰۳	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱
P	۰/۱۷۱	۰/۱۷۲	۰/۱۷۴	۰/۱۷۶	۰/۱۷۲	۰/۱۷۲	۰/۱۷۲	۰/۱۷۱
Pb	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵
Re	۰/۱۱۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۴۴	۰/۰۲۲	۰/۰۳۱	۰/۰۵۳
Rh	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵
Ru	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴
Sb	۰/۲۷۹	۰/۷	۰/۲۹۹	۰/۱۷۱	۰/۱۴۶	۰/۰۷۷	۰/۰۶	۰/۱۰۴
Sc	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Se	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	<۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵
Si	۲/۰۳۱	۲/۹۲۵	۳/۱۸۷	۳/۰۹۴	۳/۲۳۲	۲/۵۶۴	۲/۹۲۸	۲/۹۱۱
Sm	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶
Sr	۳/۷۵۴	۴/۹۸۶	۴/۹۸۷	۵/۰۵۸	۵/۲۱۸	۴/۳۰۹	۴/۸۸۸	۴/۶۳۹
Ta	۰/۰۲۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۶
Tb	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Te	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	<۰/۰۰۵	۰/۰۱۱	<۰/۰۰۵
Th	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
Ti	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲
Tm	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱



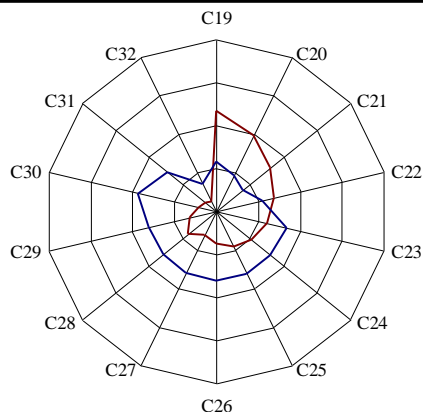
شکل ۱۹. کروماتوگرام گازی بدست آمده از هیدروکربور استخراج شده از نمونه خاک سطحی (a)، کروماتوگرام گازی نفت مخزن آسماری در میدان مسجدسلیمان (b).

رسم دیاگرام ستاره‌ای آلکان‌های نرمال جهت تطابق نمونه نفت با نفت مخزن آسماری نشان می‌دهد که توزیع و پراکندگی آلکان‌های نرمال در دو نمونه اختلاف قابل توجهی را نشان می‌دهد (جدول ۴ و شکل ۲۰)، اما دیاگرام ستاره‌ای ترسیم شده از روی نسبت آلکان‌های نرمال نشان می‌دهد که با وجود اختلاف قابل توجه در فراوانی نرمال آلکان‌ها، اما نسبت‌های این ترکیبات اختلاف اندکی را نشان می‌دهد (جدول ۵ و شکل ۲۱). بنابراین در کل می‌توان نتیجه گرفت که منشأ آلودگی نفتی نمونه‌های مورد مطالعه نفت مخزن آسماری در میدان نفتی مسجدسلیمان بوده که بشدت مورد تجزیه زیستی قرار گرفته‌اند

ایزوپرنوئیدهای غیرحلقوی در مقابل تخریب زیستی مقاوتر از پارافین‌ها بوده لیکن مقاومت آنها کمتر از بیومارکرهای حلقوی (استران‌ها و هوپان‌ها) می‌باشد. افزایش فراوانی ایزوپرنوئیدهای پرستان و فیتان در مقایسه با نرمال آلکانهای C17 و C18 نشان می‌دهد که تخریب زیستی بر روی این نمونه نیز تأثیر داشته، ولی شدت آن پایین تا متوسط می‌باشد. با توجه به اینکه نرمال آلکان‌ها و ایزوپرنوئیدها اولین ترکیباتی می‌باشند که در اثر فرایندهای تخریب زیستی از بین می‌روند، بنابراین زمانیکه شدت این فرایند در حد متوسط باشد، آلکانهای نرمال C17 و C18 تبدیل به ایزوپرنوئیدهای پرستان و فیتان می‌شوند اما فراوانی آنها کاهش می‌یابد، برخلاف آن فراوانی ایزوپرنوئیدهای پرستان و فیتان افزایش می‌یابد

جدول ۴. آلکانهای نمونه های مورد مطالعه در مقایسه با نفت مسجدسلیمان

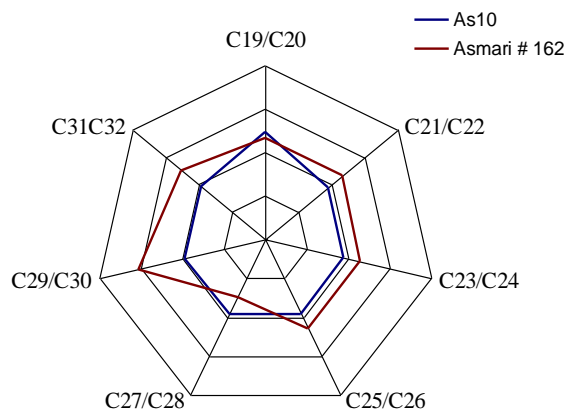
	As ۱۰	Asmari # ۱۶۲
C _{۱۹}	۱۱/۷	۵/۷۶
C _{۲۰}	۹/۹۲	۴/۶۲
C _{۲۱}	۸/۰۸	۳/۹۵
C _{۲۲}	۶/۹	۵/۴۷
C _{۲۳}	۶	۸/۳۸
C _{۲۴}	۵/۲۶	۸/۰۵
C _{۲۵}	۴/۵۴	۸/۰۸
C _{۲۶}	۳/۸	۸/۰۶
C _{۲۷}	۳/۰۴	۷/۹۲
C _{۲۸}	۴/۱۶	۷/۹۳
C _{۲۹}	۳/۱۷	۸/۰۲
C _{۳۰}	۲/۰۷	۹/۳۴
C _{۳۱}	۱/۶	۷/۲۵
C _{۳۲}	۱/۲۶	۳/۵۱



شکل ۲۰. دیاگرام شعاعی آلکانهای نفت منطقه با نفت مسجدسلیمان

جدول ۵. نسبت آلکانهای نمونه های مورد مطالعه در مقایسه با نفت مسجدسلیمان

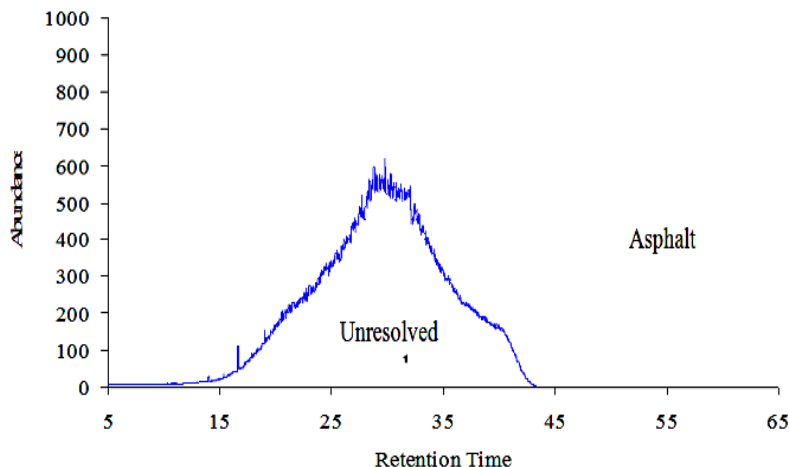
	As _{۱۰}	MIS _{۱۶۲}
C _{۱۹} /C _{۲۰}	۱/۲۴	۱/۱۷
C _{۲۱} /C _{۲۲}	۰/۹۵	۱/۱۷
C _{۲۳} /C _{۲۴}	۰/۹۵	۱/۱۴
C _{۲۵} /C _{۲۶}	۰/۹۶	۱/۱۴
C _{۲۷} /C _{۲۸}	۰/۹۵	۰/۷۳
C _{۲۹} /C _{۳۰}	۰/۹۷	۱/۵۳
C _{۳۱} /C _{۳۲}	۰/۹۷	۱/۲۶



شکل ۲۱. دیاگرام شعاعی نسبت آلکانهای نفت منطقه با نفت مسجدسلیمان

ترکیبات رزین بواسطه آشکارگر FID شناسایی نمی‌شوند، به همین دلیل کروماتوگرام حاصل شکل گرده ماهی به خود می‌گیرد. به این ترکیبات که توسط FID شناسایی نمی‌شوند، اصطلاحاً UCM (Unresolved Complex Mixture) گفته می‌شود. نمونه‌های گل آلوده به هیدروکربور به دلیل اینکه حاوی مقادیر زیادی آب بودند، لذا نتایج حاصل از آنالیز کروماتوگرافی گازی تخریب زیستی شدید را نشان داد.

این واقعیت در کروماتوگرام‌های گازی مربوط به مالتن بدست آمده از نمونه آسفالتین شکل (۲۲)، نیز بخوبی قابل مشاهده بوده که در آن نرمال آلکان‌ها کاملاً ناپدید شده و کروماتوگرام شکل گرده ماهی به خود گرفته و تأثیر فرایندهای هوازدگی و تخریب زیستی را بخوبی نشان می‌دهد. در این نمونه شدت این فرایندها بسیار شدید می‌باشد. با توجه به اینکه این نمونه یک آسفالت طبیعی می‌باشد، بنظر می‌رسد مالتن بدست آمده فاقد ترکیبات هیدروکربوری (اشباع و آروماتیک) بوده و بخش اعظم آن، ترکیبات رزین می‌باشد. از آنجایی که آشکارگر GC فقط قادر به شناسایی ترکیبات هیدروکربوری (اشباع و آروماتیک) است، و



شکل ۲۲. کروماتوگرام گازی مالتن بدست آمده از نمونه آسفالت طبیعی

آهن دار بخصوص اکسیدی در بستر رودخانه تمبی و چشمه‌های مورد مطالعه و همچنین بالا بودن میزان Fe_2O_3 از ۳/۵۴ تا ۷/۲۱ درصد در خاک بنظر می‌رسد همانگونه که در قسمتهای قبل اشاره شد شرایط اکسیدی باعث ته نشست فلزات سنگین و کاهش انحلال پذیری آنها شده است که در نتیجه غلظت‌های بالا از این عناصر در رسوب قابل مشاهده می‌باشد. مطالعات رضائی، ۱۳۸۴ نشان می‌دهد که الگوی بالا برای غلظت عناصر ذکر شده با الگوی این عناصر در نفت مخزن آسماری میدان مسجدسلیمان انطباق دارد و این موضوع بار دیگر رابطه این آغشتگی‌ها با آبهای زیرزمینی منطقه را اثبات می‌کند.

بررسی ژئوشیمیایی رسوبات مرتبط با چشمه های منطقه

در این مرحله از انجام کار تعداد ۵ نمونه از خاک رسوبات بستر چشمه‌های مورد مطالعه که بعضاً آغشتگی به مواد هیدروکربنی بخصوص آسفالت را نشان می‌دهند جهت تعیین غلظت عناصر اصلی و فرعی تحت آنالیز XRF قرار گرفتند که نتایج حاصل در جدول (۶) ارائه گردیده است. با توجه به فراوانی عناصر کبالت، آهن، نیکل، مس، روی، سرب، آرسنیک و وانادیم در مواد هیدروکربنی به عنوان عناصر راهنما این عناصر بیشتر مد نظر قرار گرفتند. نتایج حاصل از آنالیز نشان می‌دهد که این مواد دارای غلظت های تقریباً بیشتر از میزان زمینه و بترتیب می‌باشند. با توجه فراوانی کانیهای $Ni > Zn > Cr > V > Cu > Pb > As > Co$

جدول ۶ غلظت میانگین بعضی از فلزات سنگین در رسوب منطقه مورد مطالعه

	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	V	As
Range	۱-۵	۵۴-۷۴	۲۶-۴۶	۱۹-۲۹۷	۸-۱۶	۲۴-۱۳۹	۵۵-۶۴	۲-۱۴
Mean	۳	۶۳	۳۸/۶	۱۴۸	۱۲	۷۸/۸	۶۰	۷/۵

- بر اساس نتایج آنالیز نمونه های برداشتی از منابع ناقدیس آسماری تیپ منابع آب موجود از نوع کلروره سدیک و سولفات سدیک می‌باشد. در بررسی انجام شده اختلاط آب بی‌کربناته کلسیک موجود در سیستم آبخوان کارستی آسماری با شورابه نفتی و انحلال ژیبس موجود در سازند گچساران که در مجاورت ناقدیس قرار گرفته، باعث تخریب کیفی آب چشمه گرو شده است.

- بر اساس بررسی نسبت وزنی سدیم به کلر، از مجموعه خروجی‌های موجود در محدوده گرو دو دهانه دارای نسبت وزنی سدیم به کلر بالای ۰/۶۴۸ و نسبت مولی بالای ۰/۹۹ هستند (انحلال هالیت) و در سایر دهانه این نسبت های وزنی کمتر از

نتیجه گیری

- با توجه به بررسی‌های به عمل آمده منابع تغذیه کننده کارست آسماری شامل: آب باران باریده شده بر سطح آهک آسماری، تغذیه آبخوان آسماری از طریق نفوذ آب از سازند گچساران و ورود آب‌های آلوده به شورابه نفتی می‌باشد.
- بررسی نمودار شعاعی نشان داد در تمامی نمونه‌ها بیشترین مقادیر غلظت مربوط به یون‌های SO_4 , Cl , Na می‌باشد و مقادیر Mg در این نمونه‌ها حداقل می‌باشد.
- بر اساس تقسیم بندی آب شرب منابع آب موجود در منطقه از لحاظ شرب، در گروه نامناسب برای شرب قرار می‌گیرند.

آلودگی نفتی نمونه‌های مورد مطالعه نفت مخزن آسماری در میدان نفتی مسجدسلیمان بوده که بشدت مورد تجزیه زیستی قرار گرفته‌اند.

- نتایج حاصل از آنالیز رسوبات مرتبط با چشمه‌های منطقه نشان می‌دهد که این مواد دارای غلظت‌های تقریباً بیشتر از میزان زمینه و بترتیب $Ni > Zn > Cr > V > Cu > Pb > As > Co$ می‌باشند. مطالعات رضائی، ۱۳۸۴ نشان می‌دهد که الگوی بالا برای غلظت عناصر ذکر شده با الگوی این عناصر در نفت مخزن آسماری میدان مسجدسلیمان انطباق دارد و این موضوع بار دیگر رابطه این آغشتگی‌ها با آبهای زیرزمینی منطقه را اثبات می‌کند.

- با توجه به آلودگی منابع آب خروجی از محل چشمه گرو، بررسی محل دقیق ورود آلاینده‌های نفتی به منابع آب تاقدیس همچنین خروج آب با کیفیت قبل از تداخل با منابع آلاینده نفتی می‌تواند باعث کاهش دبی چشمه گرو و کاهش ورود آب آلود به رودخانه شور تمبی و در نهایت رودخانه کارون گردد.

۰/۶ می‌باشد. وضعیت پراکنش نمونه‌ها در اکثر خروجی‌های چشمه موید تاثیر شورابه‌های نفتی را بر منابع آب تاقدیس می‌باشد.

- مقادیر بالای سولفات در تمامی نمونه‌های مورد بررسی تأیید کننده عامل دخالت بین لایه‌های ژیبسی سازند گچساران در افزایش میزان سولفات در تمامی خروجی‌ها می‌باشد ولی وجود شواهد سطحی و نسبت‌های موجود بین یون سدیم و کلر وجود شورابه‌های نفتی را نیز تأیید می‌کند. بر این اساس اختلاط سه گروه آب شامل: آب ذخیره شده در سازند کارستی آسماری، آب‌های حاصل از انحلال بین لایه‌های سازند گچساران (انحلال هالیت و ژیبس) و شورابه‌های نفتی مخازن موجود در منطقه وجود داشت که الگو مثلی نمودار ترکیبی ترسیم شده برای منابع آب منطقه نیز تأیید کننده اختلاط سه تیپ آب می‌باشد.

- رسم دیاگرام ستاره‌ای ترسیم شده از روی نسبت آلکان‌های نرمال نشان می‌دهد که با وجود اختلاف قابل توجه در فراوانی نرمال آلکان‌ها، نسبت‌های این ترکیبات اختلاف اندکی را نشان می‌دهد. بنابراین در کل می‌توان نتیجه گرفت که منشاء

منابع

- رستمی زرین آبادی، ا.، فرقانی، گ.، کرمی، غ.، ۱۳۹۳، ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی دشت رومشگان، لرستان، ایران مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۳، ص ۳۴-۴۱.
- رضائی، ز.، ۱۳۸۴، تعیین منشاء H_2S در نفت مخزن آسماری میدان نفتی مسجد سلیمان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۲۰۰.
- ناصری، ح و علیجانی، ف.، ۱۳۸۵، مطالعات کارست تاقدیس آسماری، سازمان آب و برق خوزستان.
- Al-Sulaimi, J., Viswanathan. M.N., Szekely. F., 1993, Effect of oil pollution on fresh groundwater in Kuwait, Environmental Geology, Vol: 22, p: 246-258.
- Bakalowicz. M., 2005, Karst groundwater: a challenge for new resources, Hydrogeology J, Vol: 13, p: 148-160.
- Clemens. T., Hückinghaus. D., Sauter. M., Liedl. R., Teutsch G., 1999, Simulation of the development of the karst aquifers: role of the epikarst, Int Journal Earth Sciences, Vol: 88, p: 157-162.
- Desitter. L. U., 1947, Digenesis of oil-field brines: American Association of Petroleum ecologists Bulletin, Vol: 31, p: 2030-2040.
- Fetter. C. W., 1994, Applied hydrogeology, Third Edition, New York, Macmillan, p: 691.
- Karimi. H., Moore. F., 2008, The source and heating mechanism for the Ahram, Mirahmad and Garu thermal springs, Zagros Mountain, Iran, Geothermics, Vol: 37, p:84-100.
- Kriegar. R. A., Hendrikson. G. E., 1960, Effete of Greensburg oil-field brines on the streams, wells, And springs oil the Upper Green River: Kentucky Geological Survey, Series X, Report of Investigations, No: 2, p: 36.
- Land. L. S., Prezbindowski. D. R., 1981, the origin and evolution of saline formation water, Lower Cretaceous Carbonates, South-Central Texas: Journal of Hydrology, Vol: 54, p: 51-74.
- Leonard. R. B., 1964. A method for evaluation; oil field brain pollution of the Walnut River in Kansas: U.S. Geological Survey Professional Paper No: 501-B, p: 173-176.
- Leonard. A. R., Ward. P. E., 1962, Use of Na/Cl ratios to distinguish oil-field from salt-spring brines in Western Oklahoma: U.S. Geological Survey Professional Paper No: 45Q-B, p: 126-127.
- Mast. V. A., 1982, the use of ionic mixing curves in differentiating oil-field brine in a fresh-water aquifer: Presented at the American Water Resources Association, The University of Texas at Austin, p: 16.
- Mazor. E., 1991, Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology, Halsted Press New York.
- Rittenhouse, Gordon, Fulton, R. 8., Ill, Grabowski, R. J., and Bernard, J. L, 1969, Minor elements in oil-field waters: Chemical Geology, Vol:, 4, p: 189-209.
- White. W.B., 2002, Karst hydrology: recent developments and open questions Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. Journal of Engineering Geology, Vol: 65, p: 85-105.
- Whittemore. D. O., 1984, geochemical identification of salinity sources, in French, R. H., salinity in watercourses and reservoirs: Proceedings of the 1983 International Symposium on State-of-the-Art Control of Salinity, Salt Laka City, Utah, p: 505-514.
- Whittamora. D. O., 1988, Bromide as a tracer in ground-water studies: Geochemistry and analytical determination: National Water Well Association, Proceedings, Groundwater Geochemistry Conference, Denver, Colorado, p: 339-359.