

مقاله پژوهشی

علل گازدار شدن چاه‌های آب کشاورزی در دشت‌های شمالی استان همدان و خوردگی تجهیزات آنها

منوچهر امیری^{۱*}، قاسم اسدیان^۲ و علی مروت امیری^۳

چکیده

در مناطق لالچین، چهاردولی و قهاوند- فامنین واقع در بخش شمالی استان همدان، تعدادی از چاه‌های آب کشاورزی گازدار بوده و تجهیزات داخل آن‌ها در طی مدت کوتاهی خورده و پوسیده می‌شود و سالیانه خسارات زیادی به کشاورزان وارد می‌شود. لذا شناسایی عوامل موثر در خوردگی و منشاء آن‌ها، جهت چاره اندیشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین منظور با عملیات صحرائی و به کمک دستگاه G.P.S، دماسنج و پرسش از کشاورزان میزان دما، عمق، مدت لازم برای خوردگی تجهیزات و مشخصات جغرافیایی ۳۶ حلقه چاه گازدار برداشت شد. به علاوه ۱۶ نمونه از آب چاه‌ها اخذ و در آزمایشگاه آنالیز شد. سپس به کمک نمودارهای استاندارد مقدار دی‌اکسیدکربن نمونه‌ها محاسبه و برآورد شد. همچنین توسط نرم افزار آماری SPSS داده‌های دما، عمق، دی‌اکسیدکربن و مدت خوردگی مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر دی‌اکسیدکربن بالاتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نمونه‌ها و اختلاف معنی‌دار بین دمای آب چاه‌ها نشان می‌دهد که وجود گاز در آب چاه‌ها ناشی از ورود محلول‌های هیدروترمالی گازدار با منشاء درونی به داخل آب‌های زیرزمینی منطقه است. نتایج آزمون‌های آماری نشان می‌دهد که مقدار بالای دی‌اکسیدکربن و یون‌های سولفات و کلراید، دمای بالا و شوری زیاد از جمله عوامل موثر در خوردگی تجهیزات چاه‌های آب منطقه است. بنابراین توصیه می‌شود که در این چاه‌ها از لوله‌ها و تجهیزات یوپی‌وی‌سی به جای تجهیزات فلزی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: چاه‌های گازدار، آب زیرزمینی، خوردگی، دی‌اکسیدکربن، محلول‌های هیدروترمال، همدان.

ارجاع: امیری م. اسدیان ق. و امیری ع. ۱۳۸۸. علل گازدار شدن چاه‌های آب کشاورزی در دشت‌های شمالی استان همدان و خوردگی تجهیزات آن‌ها. مجله پژوهش آب ایران. ۳ (۴): ۵۱-۶۲.

^۱ - مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان

^۲ - مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان

^۳ - کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی استان همدان

* نویسنده مسئول: manucher.amiri@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: 1388/06/15

مقدمه

واژه خوردگی^۱ به مفهوم عام و به طور ساده برای از بین رفتن یا پوسیده شدن فلزات در اثر واکنش با محیط پیرامون در طی زمان نسبتاً طولانی به کار می‌رود. در محیط‌هایی که یون پروتون به اندازه کافی تولید می‌شود و دیفوزیون مناسبی توسط حرکت و شوری محلول مهیا می‌شود پتانسیل خوبی برای وقوع خوردگی به وجود می‌آید (ساعت‌چی، ۱۳۶۵). علاوه بر پروتون، آهن فریک موجود در محلول‌های اسیدی نیز می‌تواند به عنوان یک عامل گیرنده الکترون، سبب اکسیده شدن آهن خنثی شود. هر چه محلول اسیدی‌تر باشد غلظت آهن در محلول بیشتر می‌شود، به طوریکه غلظت آن با مکعب غلظت یون هیدروژن در محلول متناسب است (ماسون و مور، ۱۹۸۲). گاز دی‌اکسیدکربن در آب تولید یون پروتون نموده که مصرف کننده الکترون است و هنگامی که غلظت آن به بیش از ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر برسد در خوردگی به عنوان عاملی مهم، ایفای نقش می‌کند (عسگری‌کیا، ۱۳۷۸).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت دی‌اکسیدکربن محلول در آب‌های طبیعی با منشاء جوی، اندک بوده و به ندرت به بیش از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد ولی اگر آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر فعالیت‌های گازی و آبی با منشاء ماگمایی قرارگیرد میزان دی‌اکسیدکربن در آن‌ها حتی می‌تواند به بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بالغ شود (کمیته روش‌های استاندارد، ۱۹۹۰). نتایج تجزیه‌های وایت، هم و وارینگ نشان داد که در ایجاد چشمه‌های آب گرم در منطقه پارک یلستون در اسیتمیوت اسپرینگر، حرارت ناشی از مخزن ماگمایی و فعالیت‌های هیدروترمالی دخالت دارد و در مناطقی که دما بر اثر فعالیت‌های ماگمایی و هیدروترمالی افزایش می‌یابد مقدار گازها و بویژه گاز CO₂ افزایش می‌یابد (مر و مدبری، ۱۳۷۷). تسونگایی و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعات خویش در منطقه صفحه فرورو فیلیپین گزارش کردند که در برخی نقاط، آب‌های موجود در رسوبات توسط جریان‌های حرارتی و هیدروترمالی با دمای حدود ۴۰ درجه تحت تأثیر واقع شده و دمای آن‌ها حدود ۹ درجه نسبت به آب‌های پیرامون افزایش یافته و میزان گاز CO₂

آن‌ها نیز افزایش یافته است. سیبت و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعات ژئوترمالی در شمال آلمان اظهار کرده که آب‌های موجود در اعماق رسوبات منطقه، دارای حرارت ۵۵ تا ۹۵ درجه سانتیگراد و حدود ۳ تا ۱۰ درصد حجمی گاز است که بیش از ۵۷ تا ۹۴ درصد آن دی‌اکسیدکربن است و در این آب‌ها حدود ۱۱ تا ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر آهن وجود دارد. اصغری مقدم (۱۳۸۱) با نمونه برداری و آنالیز آب ۳۴ حلقه از چاه‌های کشاورزی منطقه آذرشهر اظهار کرده که دی‌اکسیدکربن محلول در آب، استفاده از توری با منافذ نامناسب، افت سطح ایستابی و نفوذ آب‌شور به سفره آب زیرزمینی از عوامل خوردگی تجهیزات چاه‌های منطقه است. علاوه بر دی‌اکسیدکربن، گاز هیدروژن سولفور نیز در آب‌های زیرزمینی با اکسیژن ترکیب شده و تولید پروتون و سولفات می‌کند. وجود مقادیر زیادی از یون سولفات در آب زیرزمینی دلیلی بر دیفوزیون این گاز در محیط بوده و با افزایش اکسیژن در محیط، عنصر گوگرد می‌تواند ظاهر شود. یون‌های کلرید و سولفات با هدایت الکترون‌ها باعث تسریع در خوردگی می‌شوند و فعالیت آن‌ها تنها توسط سیستم بافری کربنات و بی‌کربنات محدود می‌شود، به طوری که اگر نسبت مجموع مولاری کلرید و سولفات به کربنات که به نام نسبت لارسون معروف است کمتر از ۵ و نسبت مولی بی‌کربنات به مجموع مولی سولفات و کلرید بیشتر از ۱۰ و اسیدیته محیط بین ۶/۵ تا ۷ باشد بهترین اثر مانعت در خوردگی به وجود می‌آید (عسگری‌کیا، ۱۳۷۸). شوری زیاد محلول‌ها با تسریع انتقال الکترون و افزایش سرعت ایجاد سل‌های خوردگی در سطح فلز باعث تسهیل در خوردگی فلز می‌شود (ساعت‌چی، ۱۳۶۵). افزایش دما نیز باعث افزایش سرعت حرکت الکترون‌ها و تسریع در خوردگی می‌شود و اثر آن در خوردگی از معادله آرنیوس پیروی می‌کند و در مورد آهن برای هر ده درجه افزایش دما به مقدار ۷۵ درصد سرعت خوردگی افزایش می‌یابد (عسگری‌کیا، ۱۳۷۸).

خوردگی در تجهیزات چاه‌های آب کشاورزان استان همدان در سه منطقه لالچین، قهاوند و دشت چهاردولی مشاهده می‌شود و شدت خوردگی و سرعت آن در تجهیزات چاه‌های این مناطق به قدری زیاد است که برخی از کشاورزان مجبورند سالیانه دو و حتی چند بار تجهیزات درون چاهی را تعویض و یا جوشکاری کنند که علاوه بر هزینه‌های جراثقیل،

^۱ - Corrosion

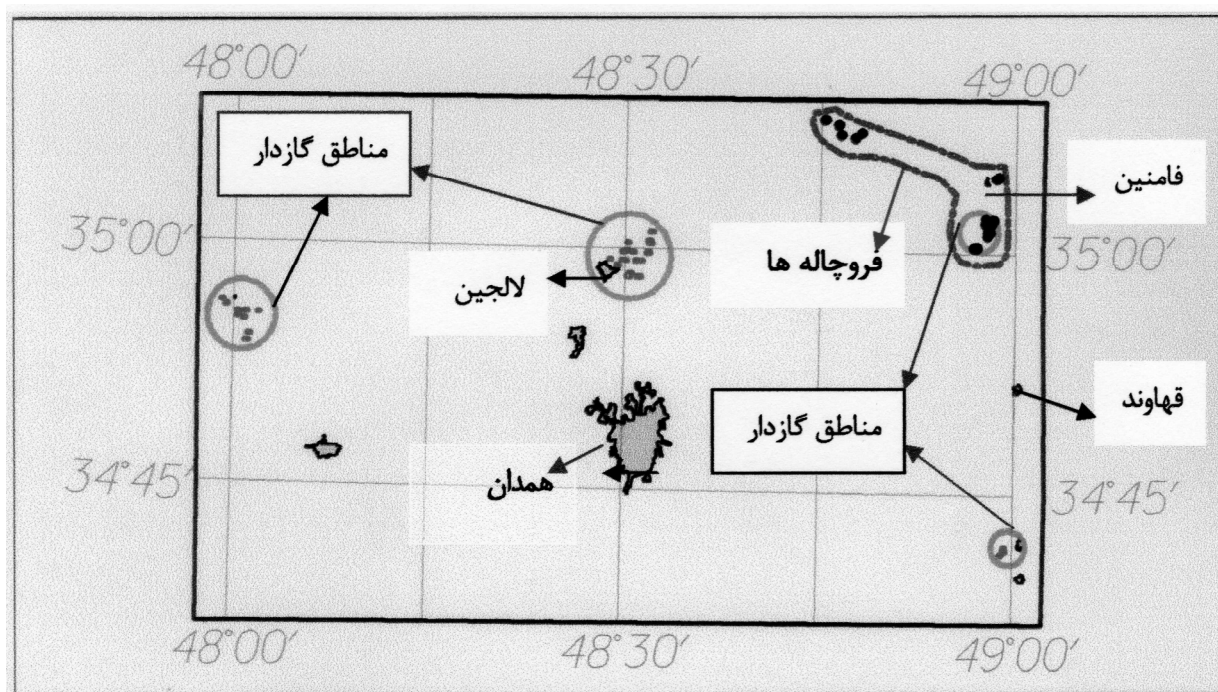
تشکیلات رسوبی منطقه وارد شده و تغییرات ترکیبی زیادی را در آب، خاک و سنگ منطقه به وجود آورده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات و موقعیت چاه‌های خورنده

چاه‌های گازدار استان همدان در سه منطقه لالجین، چهاردولی و قهاوند- فامنین واقع شده و اغلب آن‌ها در رسوبات کواترنری حفر و تنها در منطقه قهاوند وارد سنگ بستر آهکی تشکیلات قم شده‌اند. در منطقه قهاوند و کیودرآهنگ یک سری فروچاله نیز در مجاور این چاه‌ها به وجود آمده است. آب این چاه‌ها اغلب دارای مزه ترش و سوزنده بوده که حاکی از اسیدیته بالای آن‌ها است. البته آب در برخی از آن‌ها مزه تلخ و در برخی مزه گس داشته که وجود منیزیم و آهن زیاد را در آن‌ها نشان می‌دهد. در برخی از این چاه‌ها، گاز با حالت جوشش خارج می‌گردد که استشمام آن بسیار تند و سوزنده است. این چاه‌ها در گستره جغرافیایی $34^{\circ}05' - 34^{\circ}41' - 34^{\circ}59'$ تا $48^{\circ}00' - 48^{\circ}02' - 48^{\circ}48'$ عرض شمالی و $48^{\circ}00' - 48^{\circ}30' - 49^{\circ}00'$ طول شرقی واقع شده که در شکل ۱ موقعیت آن‌ها ارائه شده است.

جوشکاری و تعویض تجهیزات، ممکن است که خرابی تجهیزات و تعطیلی اجباری پمپاژ آب، مصادف با زمان آبیاری کشت مربوط بوده و آب به موقع در دسترس گیاه قرار نگیرد. به هر صورت، مشکل خوردگی در تجهیزات چاه‌های این مناطق بیش از ده سال است که وجود دارد ولی تاکنون تحقیقات و مطالعات جدی و مناسبی بر روی آن‌ها متمرکز نگشته است. عسگری کیا (۱۳۷۸) با آنالیز شیمیایی دو نمونه آب در منطقه قهاوند وضعیت رسوب‌گذاری روی لوله‌های فولادی را مورد بحث قرار داده، ولی عامل اصلی خوردگی را مشخص نکرده است. جلالی (۱۳۸۰) با آنالیز ۳۱۳ نمونه آب در سه بخش فامنین، قهاوند و بخش مرکزی همدان و محاسبه پارامترهایی چون SAR, ESP adj, ... کیفیت آب‌های منطقه را در کشاورزی مورد بررسی قرار داده و اظهار کرده که میزان املاح موجود در این آب‌ها خیلی بالا است. امیری (۱۳۷۴) با مطالعه توده‌های معدنی آلموقلاق در مجاورت مناطق فوق‌الذکر و بررسی‌های ژئوتکنیک تشکیلات مجاور، نتیجه‌گیری کرد که محلول‌های فلئوئردار و حاوی مقادیر عظیمی از سولفات، آهن و دی‌اکسیدکربن به صورت فازهای گازی و آبکی داغ به



شکل ۱- موقعیت چاه‌های گازدار استان همدان

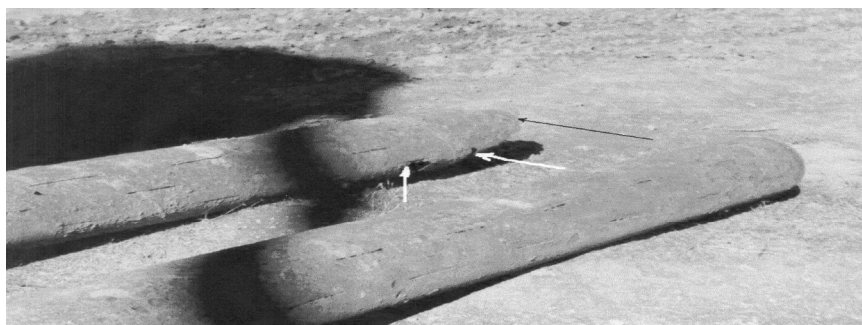
نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌های صحرائی

ابتدا کلیه چاه‌های با آب گازدار و یا با مزه نامناسب، شناسایی و توسط دستگاه موقعیت‌سنج (G.P.S) مختصات جغرافیایی آن‌ها تعیین و توسط دماسنج با دقت یک‌دهم، دمای آب آن‌ها اندازه‌گیری گردید. همچنین با پرسش از صاحبان چاه‌ها، عمق چاه‌ها و مدت زمان لازم برای خوردگی تجهیزات آن‌ها مشخص و یادداشت گردید. جهت سنجش اسیدیته، هدایت الکتریکی و مقدار دی‌اکسیدکربن محلول در آن‌ها، تعداد ۱۶ نمونه آب توسط بطری‌های نوشابه به حجم یک‌ونیم لیتر و دو نمونه نیز جهت سنجش مقادیر یون‌های

آهن فریک و فرو، سولفات و بی‌کربنات اخذ و به سرعت جهت آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد. برای نمونه‌گیری، ابتدا چاه‌های آب به مدت ۱۵ دقیقه مورد پمپاژ قرار گرفت و ظروف نمونه‌برداری با آب چاه شستشو و سپس نمونه‌ها برداشت شد. در جدول ۱ مشخصات جغرافیایی، عمق، دما و مدت زمان لازم برای خوردگی تجهیزات درون چاه‌های مذکور و در شکل ۲ تصویری از لوله‌های خورده شده ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی، عمق، دما و مدت زمان خوردگی در چاه‌های گازدار مناطق لالچین (A) چهاردولی (B) و قهاوند (C)

شماره چاه	عرض شمالی	طول شرقی	عمق چاه به متر	دمای آب چاه °C	خوردگی به سال	شماره چاه	عرض شمالی	طول شرقی	عمق چاه به متر	دمای آب چاه °C	خوردگی به سال
A1	۳۴°-۵۸'-۵۳"	۴۸°-۲۹'-۲۶/۴"	-	۱۴/۶	-	B2	۳۴°-۵۵'-۳۰/۸"	۴۸°-۰۰'-۲۱/۷"	۸۵	۱۴/۸	۲
A2	۳۴°-۵۹'-۱۴/۴"	۴۸°-۲۹'-۴۸/۱"	۳۵	۱۴/۸	۱	B3	۴۷°-۵۹'-۵۵/۹"	۴۷°-۵۹'-۲۸/۷"	۶۰	۱۵	۲
A3	۳۴°-۵۹'-۱۶/۳"	۴۸°-۲۸'-۵۰/۲"	۷۰	۱۴/۸	۴	B4	۳۴°-۵۵'-۳۰/۶"	۴۸°-۰۱'-۵۶/۸"	۲۰۲	۱۴/۲	۱۵
A4	۳۴°-۵۹'-۱۲/۵"	۴۸°-۳۰'-۲/۵"	۵۰	۱۳/۸	۱۵	B5	۳۴°-۵۵'-۵/۷"	۴۸°-۰۰'-۵۰/۸"	۷۴	۱۵/۶	۱۰
A5	۳۴°-۵۹'-۴۵"	۴۸°-۲۹'-۵۳/۱"	۷۰	۱۵/۸۵	۰/۲۵	B6	۳۴°-۵۶'-۱۲/۶"	۴۷°-۵۹'-۹/۱"	۸۲	۱۵/۹	۲
A6	۳۴°-۵۹'-۵۰/۴"	۴۸°-۳۰'-۱۴/۴"	۷۰	۱۵/۶	۲	B7	-	-	۳۵	-	۳
A7	۳۵°-۰۰'-۲۰/۱"	۴۸°-۳۰'-۱۲/۶"	۲۲	۱۵/۲	۶	B8	-	-	۴۰	-	-
A8	۳۴°-۵۹'-۱۲/۴"	۴۸°-۳۰'-۵۲/۳"	-	۱۴/۶	-	B9	۳۴°-۵۳'-۴۳/۵"	۴۸°-۰۱'-۱۴/۱"	۸۵	-	۵
A9	۳۴°-۵۹'-۴۴"	۴۸°-۳۰'-۳۹/۶"	۴۵	۱۴/۴	-	B10	۳۴°-۵۳'-۴۳/۵"	۴۸°-۰۱'-۵/۷"	۸۶	۱۴/۸	۲
A10	۳۴°-۵۸'-۱۱/۵"	۴۸°-۳۰'-۱۴/۶"	۱۳۰	۱۵/۶	۱/۵	B11	۳۴°-۵۵'-۳۱"	۴۸°-۰۰'-۵۷/۷"	۶۰	۱۴	۱۱
A11	۳۴°-۵۸'-۲۳/۸"	۴۸°-۳۰'-۲۳/۸"	۵۷	۱۴/۲	۱	C1	۳۴°-۴۱'-۲۸/۴"	۴۸°-۵۹'-۲۲"	۱۵۰	۱۸	۱
A12	۳۴°-۵۸'-۱۱/۵"	۴۸°-۳۱'-۳/۶"	۶۰	۱۴/۶	۵	C2	۳۵°-۰۰'-۲۹/۷"	۴۸°-۵۷'-۰۲"	۸۰	۱۶/۸	۰/۵
A13	۳۴°-۵۹'-۴۲/۶"	۴۸°-۳۱'-۴۵/۳"	۵۰	۱۲/۶	۱۵	C3	۳۵°-۰۱'-۳۸/۸"	۴۸°-۵۷'-۵۷/۸"	۱۰۰	۱۷/۲	۱/۲۵
A14	۳۵°-۰۰'-۱۷/۹"	۴۸°-۳۱'-۵۵/۸"	۵۰	۱۴/۲	۲	C4	۳۵°-۰۱'-۵۵"	۴۸°-۵۷'-۴۰/۱"	۴۵	-	۱
A15	۳۵°-۰۰'-۰/۳"	۴۸°-۳۲'-۲/۹"	۵۰	۱۴/۶	۱	C5	۳۵°-۰۱'-۱۱"	۴۸°-۵۷'-۵۱/۷"	۷۵	۱۷/۴	۱
A16	۳۵°-۰۰'-۲۷/۳"	۴۸°-۳۱'-۵۰/۶"	۷۰	۱۴/۲	۱	C6	۳۴°-۴۱'-۲۰/۶"	۴۸°-۵۹'-۹/۵"	۱۸۰	۲/۱۸	۱
A17	۳۴°-۵۹'-۱۲"	۴۸°-۳۱'-۱۲/۷"	۳۰	۱۳/۳	۱۲	C7	۳۴°-۴۱'-۱۲/۵"	۴۸°-۵۸'-۵۹/۶"	۱۶۰	۱۸/۴	۱
B1	۳۴°-۵۵'-۱۳/۳"	۴۸°-۰۰'-۲۰/۱"	۸۵	۱۳/۸	۱۵	C8	۳۴°-۴۱'-۳۹/۴"	۴۸°-۵۹'-۱۸/۹"	۱۸۰	۱۷/۸	۱



شکل ۲- لوله‌های فلزی خورده و پوسیده شده در چاه‌های گازدار منطقه قهاوند

فرمول بندی و آنالیز آماری

وقتی آب در مجاور گاز دی‌اکسیدکربن قرار می‌گیرد بخشی از دی‌اکسیدکربن در آن حل شده و تولید اسیدکربنیک می‌کند. این اسید قادر است به سنگ‌های آهکی و لوله‌های فلزی حمله کرده و به مرور با انحلال کربنات کلسیم و یا اکسید کربن لوله‌ها، از شدت اسیدیته آن کاسته و سرانجام خاصیت و توانایی حمله‌وری خود را از دست می‌دهد. مقادیر دی‌اکسیدکربن محلول در آب نمونه‌های اخذ شده از منطقه با استفاده از مقادیر باقیمانده خشک (T.D.S)، قلیائیت کربناتی و اسیدیته محاسبه و به کمک جداول حلالیت گازها (چارکش امیری، ۱۳۷۸) و به روش درون‌یابی، فشار بخشی اولیه دی‌اکسیدکربن حاکم بر سیستم آب‌زیرزمینی در منطقه برآورد شد. البته مقادیر دی‌اکسیدکربن آزاد محلول در آب به تنهایی مشخص‌کننده توانایی فعلی آب در خوردگی تجهیزات و یا انحلال سنگ کربنات نیست و برای سنجش میزان توانایی فعلی آب برای ادامه خوردگی تجهیزات و یا حمله به سنگ‌های کربناته و انحلال آن‌ها دو اندیس بنام اندیس‌های اشباع (IS) و پایداری (SI) وجود دارد. هنگامی که مقادیر اندیس اشباع و اندیس پایداری به ترتیب به کمتر از صفر و بیشتر از ۶ برسد آب دارای توانایی خوردگی و حمله به فلز و رسوبات آهکی را دارا است (عسگری کیا، ۱۳۸۰). روش مفصل محاسبه این دو اندیس به صورت منطقی و با جملات متعدد و بدون فرمول در منبع ۴ ارائه شده‌است. لذا برای سهولت محاسبه ابتدا با فهم روش، برای هر یک از پارامترها یک علامت یا عبارت ریاضی انتخاب و در نهایت معادلات ۲ تا ۳ برای محاسبه این دو اندیس تنظیم و ارائه شد.

$$PH_s = [0.1 \text{ Log } (T. D. S) + Ct] [\text{Log } (C_{ca} \times ALK) + (F^{\circ} \times CO)] \quad (1)$$

$$IS = PH_n - PH_s \quad (2)$$

$$SI = 2PH_s - PH_n \quad (3)$$

که در روابط بالا، T.D.S, C_{ca} , ALK, F° , PH_n و PH_s به ترتیب باقیمانده خشک، غلظت کلسیم معادل کربناتی، قلیائیت کل، درجه حرارت (فارنهایت)، اسیدیته واقعی و اسیدیته اشباع بوده و ضرایب C_0 و C_1 در دماهای بیشتر از ۷۷ درجه فارنهایت به ترتیب برابر با ۰/۰۰۹۱۵ و ۲/۲۷ و در دماهای کمتر معادل ۰/۰۱۴۲ و ۱۲/۶۵ می‌باشند.

برای شناسایی منشاء گازها و تعیین عوامل موثر در خوردگی تجهیزات، داده‌های عمق، دما و دی‌اکسیدکربن توسط آنالیزهای واریانس، پست‌هاگ، همبستگی، رگرسیون دوگانه و چندگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

داده‌های حاصل از آنالیز ۱۶ نمونه از آب چاه‌های مناطق گازدار همراه با میانگین و برخی از پارامترهای محاسبه شده در جدول ۲ و مقادیر تقریبی دی‌اکسیدکربن محلول در نمونه‌ها که با استفاده از نمودار استاندارد برآورد شده، در جدول ۳ ارائه گردیده است. همانطوری که ملاحظه می‌شود داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که مقادیر دی‌اکسیدکربن دارای نوسانات زیادی بوده و در تمامی نمونه‌ها بیشتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است. مقادیر بالای دی‌اکسیدکربن در آب نشان می‌دهد که فشار اولیه گاز دی‌اکسیدکربن حاکم بر سیستم آب‌زیرزمینی بالا بوده که مقادیر آن برآورد و در جدول ۴ ارائه شده است. بالا بودن مقادیر دی‌اکسیدکربن و نابرابری میانگین آن در نمونه‌ها نشان می‌دهد که بایستی یک منشاء درونی برای آن تصور شود زیرا اگر منشاء دی‌اکسیدکربن انحلال یافته در آب چاه‌ها فقط ناشی از جو باشد، در آن صورت اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها حاصل نمی‌شود. به هر حال گاز دی‌اکسیدکربن در آب‌های منطقه با سنگ‌های کربناته و دانه‌های کربناته موجود در رسوبات سفره آب‌زیرزمینی واکنش داده و یون‌های کلسیم و بی‌کربنات را تولید نموده‌است. نمودار تغییرات مقادیر دی‌اکسیدکربن محلول به ازای بی‌کربنات محلول در شکل ۳ نشان می‌دهد که همبستگی نسبتاً خوبی بین این دو پارامتر وجود دارد، یعنی سنگ‌های کربناته و دانه‌های کربناتی توسط اسیدکربنیک مورد حمله قرار گرفته و انحلال در آن‌ها به وجود آمده است که وجود حفرات و مجاری انحلال در سنگ بستر منطقه قهقوند و وجود قشر نازک کربنات کلسیم در سطح کانال‌های آبرسانی و زمین‌های کشاورزی در منطقه این امر را تأیید می‌کند. مقایسه میانگین مقادیر کاتیون‌های مناطق گازدار با میانگین مناطق دشت مرکزی همدان و تویسرکان در شکل ۴ نشان می‌دهد که مقادیر یون‌های بی‌کربنات و کلسیم در آب مناطق گازدار خیلی بیشتر از آب سایر مناطق

برخوردار بوده است گاز دی‌اکسیدکربن به نسبت کمتری صرف انحلال گشته و آب‌های این مناطق تمایل بیشتری از نظر CO_2 برای انحلال دارا می‌باشند. البته اگر PH صحرایی چاه‌ها اندازه‌گیری شود و به عنوان اسیدیته واقعی بجای PH_n آزمایشگاهی در محاسبات استفاده شود مقادیر اندیس اشباع قدری کمتر و مقادیر اندیس پایداری اندکی بیشتر خواهد شد و همگی نمونه‌ها در وضعیت و محدوده آب‌های خورنده قرار خواهند گرفت. به هرحال بررسی نمودار تغییرات دی‌اکسیدکربن در مقابل مدت خوردگی برای نمونه‌های آنالیزشده در شکل ۸ نشان می‌دهد که با افزایش دی‌اکسیدکربن، زمان خوردگی کمتر می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که علی‌رغم ضعیف شدن نقش خوردگی دی‌اکسیدکربن در منطقه‌ی قه‌اوند باز هم در این منطقه آب برای خوردگی تجهیزات از خود تمایل بیشتری نشان می‌دهد و معنی آن این است که عوامل دیگری نیز به خصوص در منطقه قه‌اوند در خوردگی تجهیزات دخالت می‌کند. مقادیر نسبت لارسون و نسبت مولی بی‌کربنات به مجموع سولفات و کلرید برای نمونه‌ها محاسبه و در جدول ۵ ارائه گردیده و مقادیر برابر بی‌نهایت برای نسبت لارسون و کمتر از ۵ برای نسبت مولی بی‌کربنات به مجموع سولفات و کلرید نشان می‌دهد که یون‌های سولفات و کلرید موجود در آب‌های زیرزمینی منطقه به راحتی و بدون ممانعت در خوردگی تجهیزات نقش دارند مقادیر مجموع یون‌های کلرید و سولفات در منطقه قه‌اوند - فامنین به نسبت از سایر مناطق بیشتر می‌باشد. بنابراین، در منطقه قه‌اوند هر چند اثر گاز دی‌اکسیدکربن به علت انحلال سنگ‌بستر آهکی نسبت به سایر مناطق قدری ضعیف‌تر گشته است ولی سرعت و میزان خوردگی تجهیزات به علت افزایش سولفات، دما، شوری و آهن فریک افزایش می‌یابد. دمای آب چاه‌ها، میانگین دما و میانگین عمق چاه‌های هر منطقه به همراه پارامترهایی چون اختلاف دمای بین مناطق، اختلاف دمایی مربوط به تفاوت میانگین عمق مناطق، ... محاسبه و در جدول ۶ تنظیم و ارائه شده است. طبق داده‌های این جدول، دامنه تغییرات دمای آب چاه‌ها حدود ۵/۸ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار آن‌ها حدود ۱/۴۷ می‌باشد. در شکل ۹ نمودار دمای آب چاه‌ها نسبت به عمق ارائه شده است. همانطوری که مشاهده می‌شود بین حرارت و عمق درجه همبستگی

می‌باشد که خود دلیل دیگری بر تأیید عمل انحلال دانه‌های کربناته توسط آب حاوی گاز دی‌اکسیدکربن می‌باشد. حال این سؤال مطرح می‌شود که آیا این آب‌ها با گذشت زمان و انحلال کربنات‌ها، توانایی خود را از دست داده و یا اینکه در حال حاضر همچنان قادر به انحلال آهک‌ها و اکسید نمودن تجهیزات درون چاهی می‌باشند. به همین خاطر مقادیر اندیس‌های اشباع و پایداری نمونه‌ها از فرمولهای مربوطه محاسبه و نتایج آن‌ها در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. در اغلب نمونه‌ها، اندیس پایداری بیشتر از ۶ و در تعدادی اندیس اشباع منفی بوده و در نتیجه این آب‌ها دارای توانایی کافی برای خوردگی هستند و تنها در تعدادی از نمونه‌ها بخصوص در منطقه قه‌اوند این توانایی کاهش می‌یابد. نتایج سه آزمون R ، t و F نشان می‌دهد که یک رابطه خطی بین متغیرهای دی‌اکسیدکربن و اندیس پایداری به عنوان متغیرهای پیش‌بین با مدت خوردگی به عنوان متغیر وابسته وجود دارد به طوریکه توسط رابطه‌ی ۴ می‌توان مدت لازم برای خوردگی را محاسبه کرد:

$$0.002\text{CO}_2 + 2.399\text{SI} - 10.86 = \text{مدت خوردگی (سال)} \quad (۴)$$

در این پژوهش، بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که ۲۹ درصد تغییرات در مدت لازم برای خوردگی تجهیزات درون چاه‌ها به میزان دی‌اکسیدکربن موجود در این چاه‌ها وابسته است و ۴۱/۹ درصد تغییرات به اندیس پایداری و در کل حدود ۴۹/۶ درصد تغییرات، تابع تأثیر توأم هر دو پارامتر است. حال این سؤال پیش می‌آید که چرا در منطقه قه‌اوند با وجود آنکه میزان دی‌اکسیدکربن نسبت به سایر مناطق افزایش نسبتاً بالایی نشان می‌دهد ولی اندیس پایداری کاهش و اندیس اشباع افزایش نشان می‌دهد. بررسی نمودارهای مقادیر سختی کلسیم، سختی کل، سختی موقت و کلیت کل به ازای مقادیر اندیس پایداری نمونه‌ها در شکل ۷ نشان می‌دهد که رابطه معکوس مناسبی میان اندیس پایداری با این پارامترها وجود دارد و بیانگر آنست که در منطقه قه‌اوند به علت وجود سنگ‌بستر آهکی با قابلیت انحلال بالا، گاز دی‌اکسیدکربن به این تشکیلات حمله کرده و بخش اعظم گاز دی‌اکسیدکربن صرف انحلال کربنات کلسیم شده است. ولی در سایر مناطق بعلا اینکه سنگ‌بستر عموماً آهکی نبوده و یا از قابلیت انحلال کمتری

کانی‌های اسکاپولیت از نوع مایونیت و ماریالیت در تشکیلات اطراف دشت چهاردولی که حاصل محلول‌های دارای کلر، فلئور، بر، سدیم و آهن بوده به همراه توده‌های معدنی با آمیخته‌ای از کانیه‌های اکسیدی و سولفوری همچون پیریت، کالکوپیریت، مانیتیت و هماتیت و سایر نشانه‌ها همانند وجود لایه‌های تراورتن در اطراف روستای دینگله کهریز، گالن در غرب قهاوند، چشمه‌های آبگرم و گازدار باباگرگر در شمال دشت چهاردولی حاکی از حضور و ورود وسیع محلول‌های سولفوری، اسیدی و کلریدی به آب‌های زیرزمینی، رسوبات و تشکیلات سنگی منطقه بوده و به عنوان منشاء آلودگی و حضور دی‌اکسیدکربن درچاه‌های آب منطقه تلقی می‌شود.

نتیجه‌گیری

وجود مقادیر زیاد دی‌اکسیدکربن (حدود ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و تفاوت دما در آب چاه‌های منطقه نشان می‌دهد که محلول‌های گرم و آبیکی از درون زمین و از مسیر شکستگی‌ها و گسل‌ها وارد آب‌های زیرزمینی منطقه شده است. به طوری که وجود چشمه‌های گازدار باباگرگر در شمال دشت چهاردولی، حضور کانی‌های غنی از سولفور آهن و سرب و لایه‌های تراورتن در اطراف روستای دینگله کهریز حضور این محلول‌های داغ و غنی از آهن و هیدروژن سولفور را تأیید می‌نماید. مقادیر منفی اندیس اشباع و مقادیر بیشتر از شش اندیس پایداری آب‌های منطقه نشان می‌دهد که هر چند مقادیر عظیمی از دی‌اکسیدکربن به صورت اسیدکربنیک صرف انحلال سنگ‌های کربناتی منطقه شده ولی آب منطقه هنوز توانایی حمله به کربنات‌ها و تجهیزات فلزی را دارا است. همبستگی بین مقادیر دی‌اکسیدکربن محلول و مدت زمان خوردگی تجهیزات درون چاهی از یک سو و مقادیر بالای نسبت مولی مجموع کلراید و سولفات به کربنات، مقادیر کم نسبت مولی بی‌کربنات به مجموع کلراید و سولفات و همبستگی مجموع کلراید، سولفات و دی‌اکسیدکربن با مدت زمان خوردگی از سوی دیگر خود دلیلی بر دخالت سولفات، دی‌اکسیدکربن، آهن‌فریک و شوری بالا در خوردگی تجهیزات است. لذا پیشنهاد می‌شود که یا تجهیزات چاه‌ها قیراندود گردد و یا به جای آن‌ها از لوله‌ها و تجهیزات یوپی‌وی‌سی استفاده شود.

اندکی ($T=0/4$) وجود دارد. به علاوه اختلاف دما حتی در چاه‌های با عمق همسان و مجاور نیز مشاهده می‌شود. مثلاً در منطقه لالچین چاه‌های A5 و A16 با عمق همسان (برابر با ۷۰ متر) دارای اختلاف دمایی حدود ۱/۶۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشند و اختلاف دما بین آب چاه‌های فامنین- قهاوند با چهاردولی حدود ۲/۷ درجه سانتی‌گراد است که حدود ۱/۸۵ درجه آن مربوط به تفاوت درمیزان عمق آن‌ها است و حدود ۰/۸۵ درجه آن باید از منبع دیگری تأمین شده باشد. این اختلاف دما در بین چاه‌ها و مناطق و همبستگی ضعیف بین دما و عمق چاه‌ها احتمالاً ناشی از وجود یک ناهنجاری حرارتی در منطقه است. بررسی ارتباط بین دی‌اکسیدکربن و دمای آب چاه‌ها توسط آماره‌های R, t و F وجود یک رابطه خطی بین این دو متغیر را تأیید می‌کند، به طوری که با توجه به ضرایب بدست آمده می‌توان مقدار دمای آب چاه‌ها (T_w) را بر اساس میزان دی‌اکسیدکربن آن‌ها طبق معادله ۵ محاسبه و برآورد کرد.

$$T_w = 0.001 \text{ CO}_2 + 14.927 \quad (5)$$

بنابراین با توجه به اینکه افزایش مقدار دی‌اکسیدکربن با افزایش دما همراه است. لذا چنین استنباط می‌شود که جریان‌های حرارتی با منشاء درونی به همراه گاز و مواد هیدروترمالی از طریق شکستگی‌ها، درز و شکافها، گسلها و مجاری عمودی وارد سنگ بستر و سیستم آب‌زیرزمینی منطقه شده و سبب افزایش درجه حرارت و در نتیجه افزایش سرعت خوردگی لوله‌ها شده است.

از آنجایی که آب‌های این مناطق شدیداً اسیدی هستند، یون‌های آهن فریک می‌تواند به صورت محلول با غلظت کافی در آب زیرزمینی ظاهر شود به طوری که در آنالیز شیمیایی برخی از نمونه‌ها، مقدار آن حدود ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است. مشاهده هیدرواکسید فریک قرمز رنگ در لایه‌های رسوبی و آب‌چاه‌های مناطق گازدار موضوع فوق را تأیید می‌کند. علاوه بر این، مقدار EC و TDS در آب این مناطق زیاد بوده و حتی در برخی از چاه‌های آب منطقه‌ای قهاوند هدایت الکتریکی به بیش از ۳۰۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر می‌رسد. بنابراین آب این مناطق به عنوان یک الکترولیت نسبتاً قوی به راحتی می‌تواند حرکت الکترون‌ها را تسهیل و تسریع نموده و سرعت خوردگی را افزایش دهد. وجود کانی‌های اسکورلیت اسفرولیتی و

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی ۱۶ نمونه از آب چاه‌های گازدار استان همدان و برخی از پارامترهای صحرائی (بر حسب mg/L)

نمونه و	کلسیم	منیزیم	سدیم	تیتانیوم	آهن	منگنز	کلرور	سولفات	نیتریت	فلوئور
A3	۱۶۶/۴	۴۲/۳	۵۳/۳	۰/۴	۰/۰۲۶	۰/۰۴۵	۲۶/۴	۰/۰۴۵	۳۷۳	۳۳۸
A5	۲۲۰	۲۴/۳	۱۲۶	۳/۲	۱/۷۶	۰/۴۳۸	۸۸/۹	۰/۴۳۸	۱۵۲	۷۶۸
A6	۱۵۷/۶	۵/۴	۶۴	۱/۴	۰/۷۵	۰/۰۵۶	۲۳/۷	۰/۰۵۶	۱۱۵	۴۸۸
A10	۲۷۵/۲	۱۶/۱	۱۳۶/۶	۳/۷	۰/۲۳۸	۰/۶۷۸	۱۴۸	۰/۶۷۸	۱۹۵	۷۶۰
A11	۳۳۸/۴	۱۲۶/۴	۳۳۹	۷	۰/۰۱۱	۰/۱۱۵	*۶۵۰	۰/۱۱۵	۱۲۱۹	۱۲۳۲
A17	۱۱۰/۴	۷۳/۴	۱۰۴/۴	۳/۴	۰/۰۱۳	۰/۰۶۶	۸۲/۸	۰/۰۶۶	۲۸۸	۳۸۸
میانگین	۲۱۱/۳	۴۷/۹۸	۱۳۷/۲	۳/۱۸	۰/۴۹	۰/۴	۷۳/۹۶	۰/۴	۲۱۳/۷	۶۶۲/۳
B3	۱۱۴/۴	۴۶/۲	۶۵	۰/۹	۰/۰۹۴	۰/۰۷۶	۴۷/۸۵	۰/۰۷۶	۴۴/۸۵	۵۹۰
B5	۸۹/۶	۶۵/۱	۶۷/۲	۱/۱	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	۴۰/۳	۰/۰۲۸	۵۱/۸	۶۲۶
B6	۲۲۴	۴۰	۲۹۷	۱۰/۴	۰/۳۸	۱/۷۶	۱۲۵	۱/۷۶	۱۵۱	۱۲۲۰
B10	*۴۷۰	۱۷	۴۸۰	۱۰/۴	۰/۲	۱/۶۳	*۲۵۵	۱/۶۳	*۵۹۶	۱۵۱۲
B11	۳۶	۲۹/۱	۲۳/۸	۰/۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۱۶/۵	۰/۰۲۲	۷/۷	۲۵۶
میانگین	۱۱۶	۳۹/۴۸	۱۸۶/۶	۴/۶۸	۰/۱۴۳	۰/۷۰۳	۵۷/۴	۰/۷۰۳	۶۳/۸۴	۸۴۰/۸
C1	۳۴۸/۸	۴۳	۲۳۳	۳	۰/۱۴۶	۰/۰۵	۹۰/۲	۰/۰۵	۱۸۶	۱۵۸۶
C2	۵۰۰/۸	۳۶	۲۲۰	۵/۵	۰/۱۴۴	۰/۰۵	۱۳۵	۰/۰۵	۴۰۵	۱۶۴۸
C3	۴۷۵	۴۶	۲۹۳	۲/۵	۰/۲۲۵	۰/۰۴	۱۶۷	۰/۰۴	۳۹۴	۱۷۱۰
C7	۲۲۵/۶	۷۶/۷	۲۱۷	۳	۲/۰۴۷	۰/۰۷	۶۷/۶	۰/۰۷	۱۸۳	۱۳۵۰
C8	۲۴۸	۸۰/۱	۲۰۰	۳/۲	۰/۲۶۵	۰/۰۵	۷۶	۰/۰۵	۱۷۰	۱۴۰۴
میانگین	۳۵۹/۶	۵۶/۳۶	۲۳۲/۶	۳/۴۴	۰/۵۶۵	۰/۰۵۲	۱۰۷/۲	۰/۰۵۲	۲۶۷/۶	۱۵۳۹/۶

* داده‌های پرت

ادامه جدول ۲

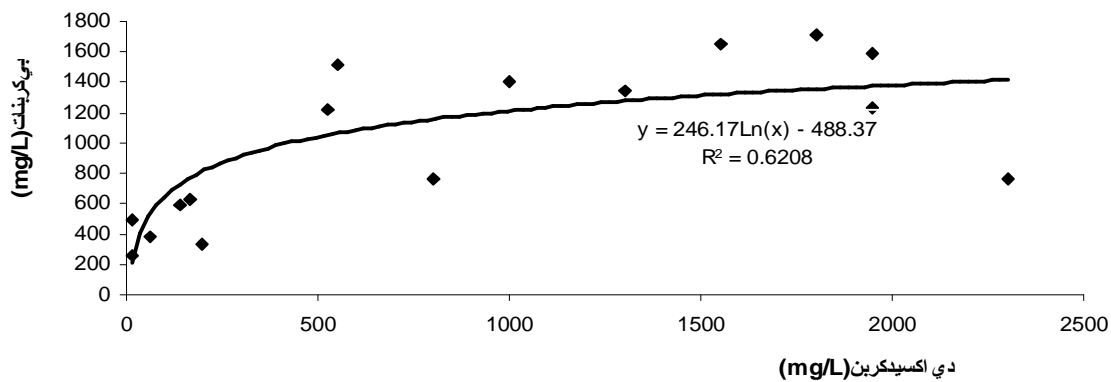
نمونه‌ها	نیتریت	سختی موقت	سختی دائم	قابلیت کل	باقیمانده خشک	هدایت الکتریکی	درجه حرارت T _C	اسیدیته	سختی کل	حرارت صحرائی	عمق چاهها (متر)
A3	۳۳	۰/۳۷	۰/۰۳	۲۷۷	۸۲۲	۱۲۸۴	۱۸/۸	۶/۵	۵۹۰	۱۴/۸	۷۰
A5	۱۷	۰/۴۲	-	۶۳۰	۱۰۳۵	۱۶۱۸	۲۱/۹	۵/۷۸	۶۵۰	۱۵/۸۵	۷۰
A6	۲۵	۰/۳۱	-	۴۰۰	۶۷۸	۱۰۶۰	۲۲	۷/۷۱	۴۱۶	۱۵/۶	۷۰
A10	۱۵	۰/۴	۰/۰۲	۶۲۳	۱۲۱۲	۱۸۹۵	۱۹	۶/۲۶	۷۵۴	۱۵/۶	۱۳۰
A11	۲۶	۰/۴۹	-	۱۰۱۰	۲۵۹۲	۴۰۵۰	۲۲	۶/۰۵	۱۳۶۴	۱۴/۲	۵۷
A17	۷۹	۰/۵۱	۰/۰۳	۳۱۸	۹۲۰	۱۴۳۹	۱۸/۵	۷/۱۲	۵۷۸	۱۳/۳	۳۰
میانگین	۳۲/۵	۰/۴۲	-	۵۴۳	۱۲۱۰	۱۸۹۱	۲۰/۳۷	۶/۵۷	۷۲۵	۱۴/۸۹	۷۱/۱۷
B3	۹	۰/۶۹	-	۴۸۳	۷۰۲	۱۰۹۶	۱۹/۳	۶/۸۸	۴۷۶	۱۵	۶۰
B5	۱۰	۰/۵	-	۵۱۳	۷۱۶	۱۱۲۰	۱۹/۴	۶/۸۴	۴۹۲	۱۵/۶	۷۴
B6	۵	۰/۸	-	۱۰۰۰	۶۴۴	۲۵۷۰	۱۹/۷	۶/۵۴	۷۲۴	۱۵/۹	۸۲
B10	۶	۰/۶۴	-	۱۲۳۹	۲۶۳۶	۴۱۲۰	۱۹/۴	۶/۶۱	۱۲۴۶	۱۴/۸	۸۶
B11	۱۷	۰/۴	-	۲۱۰	۳۰۹	۴۸۳	۱۹/۶	۷/۴۸	۲۱۰	۱۴	۶۰
میانگین	۹/۴	۱۳/۳۶	-	۲۲۹/۶۷	۱۲۰۱	۱۸۷۷/۸	۱۹/۴۸	۶/۸۷	۶۳۹/۶	۱۵/۰۶	۷۲/۴
C1	۱۳	۰/۶۵	-	۱۳۰۰	۱۸۶۰	۲۹۰۵	۲۲/۲	۶/۲	۱۰۵۰	۱۸	۱۵۰
C2	۲۵	۰/۴۲	۰/۰۵	۱۳۵۰	۲۱۹۰	۳۴۲۰	۲۰/۷	۶/۲۵	۱۴۰۰	۱۶/۸	۸۰
C3	۳۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۱۴۰۲	۲۳۵۰	۳۶۷۰	۲۰/۶	۶/۲۱	۱۳۸۰	۱۷/۲	۱۰۰
C7	۱۶	۰/۶۲	۰/۰۳	۱۱۰۶	۱۶۴۲	۲۵۶۵	۲۳	۶/۲۷	۸۸۰	۱۸/۴	۱۶۰
C8	۱۵	۰/۲	۰/۰۴	۱۱۵۰	۱۶۷۲	۲۶۱۳	۲۲/۷	۶/۲۷	۹۵۰	۱۷/۸	۱۸۰
میانگین	۲۰	۰/۳۸	۰/۰۴	۱۰۶۱/۶	۱۹۴۲/۸	۳۰۳۴/۶	۲۲/۰۴	۶/۲۴	۱۱۳۲	۱۷/۶۴	۱۳۴

جدول ۳- مقادیر دی اکسید کربن آزاد محاسبه شده در نمونه‌های اخذ شده از چاه‌های گازدار منطقه

منطقه	لالجین						چهاردولی					قهاوند				
شماره چاه	A3	A5	A6	A10	A11	A17	B3	B5	B6	B10	B11	C1	C2	C3	C7	C8
مقدار CO ₂ (mg/L)	۲۰۰	۲۳۰	۱۸	۸۰	۱۹۵	۶۰	۱۴۰	۱۶۵	۵۲۵	۵۵۰	۱۷	۱۹۵	۱۵۵	۱۸۰	۱۳۰	۱۰۰

جدول ۴- مقادیر فشار دی اکسید کربن حاکم بر سیستم آب زیرزمینی مناطق گازدار

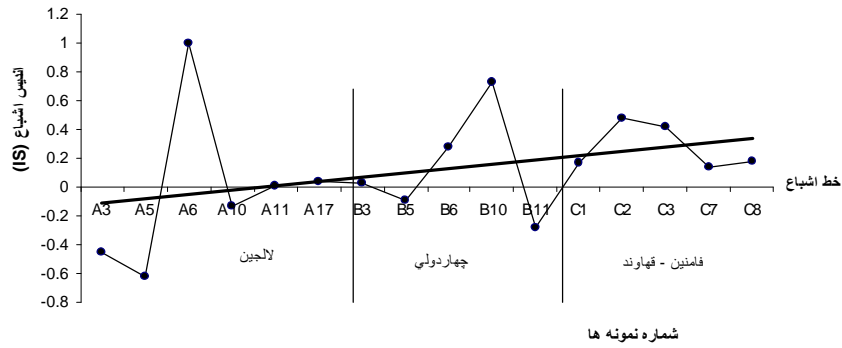
منطقه	میانگین دما صحرایی C°	میانگین کربن آزاد محلول mg/L	میانگین درجه حرارت آزمایشگاهی C°	با استاندارد به جدول رابطه CO ₂ با کربنات کلسیم حل شده			مقادیر CO ₂ حل شده
				بی کربنات محلول meq/L	کربنات کلسیم حل شده ppm	فشار جزئی بر حسب اتمسفر	
لالجین	۱۴/۸۹	۸۸۸	۲۰/۳۷	۱۰/۸۶	۵۴۳	۰/۵۲	۰/۴۷
چهاردولی	۱۵/۰۶	۲۷۹/۴	۱۹/۴۸	۸/۸۷	۴۴۳/۵	۰/۴۲	۰/۱۵
قهاوند	۱۷/۷۶	۱۵۲۰	۲۲/۰۴	۲۵/۲۴	۱۲۶۲	۱/۳	۰/۸۴



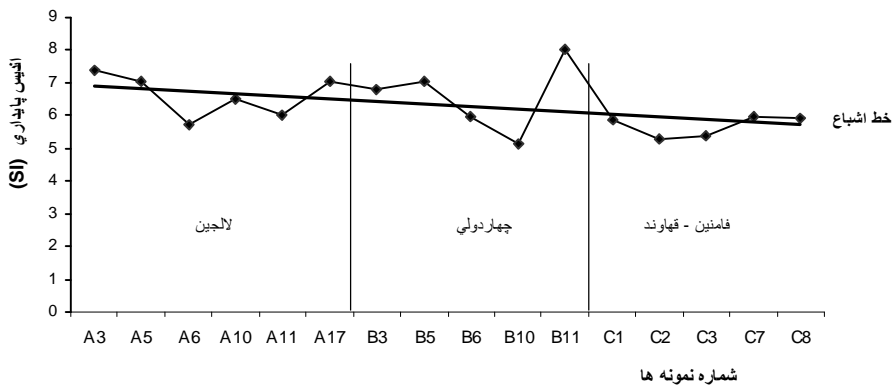
شکل ۳- تغییرات بی کربنات در برابر دی اکسید کربن محلول در نمونه‌ها



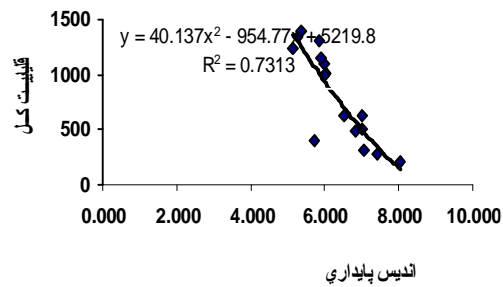
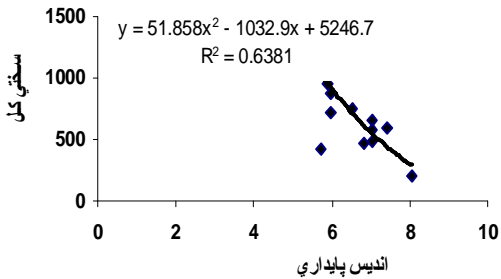
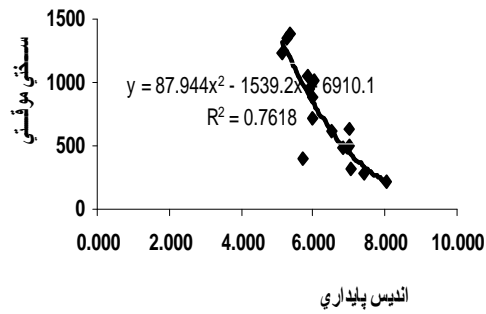
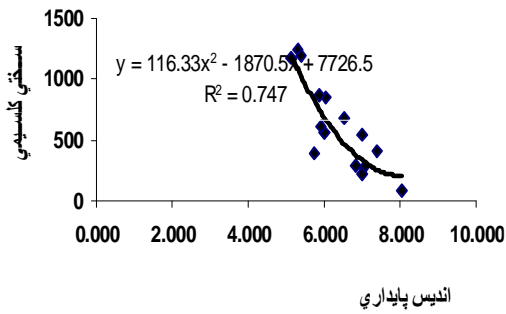
شکل ۴- مقایسه میانگین مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌ها در نمونه‌های آب چند منطقه استان همدان



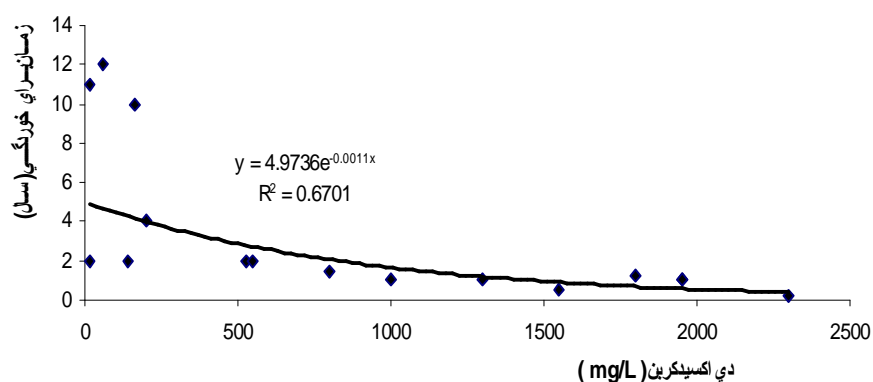
شکل ۵- تغییرات اندیس اشباع نمونه‌ها



شکل ۶- تغییرات اندیس پایداری نمونه‌ها



شکل ۷- تغییرات سختی و قلیائیت آب‌های منطقه نسبت به اندیس پایداری



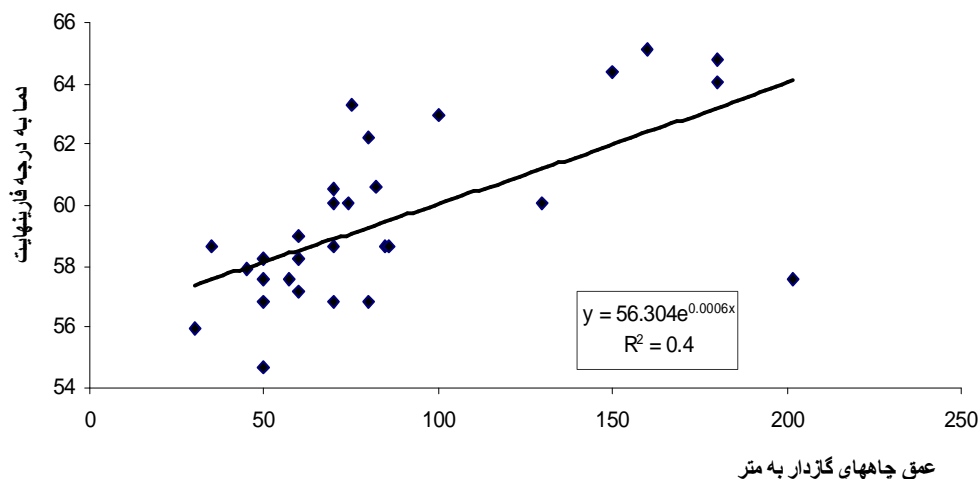
شکل ۸- تغییرات مدت زمان لازم برای خوردگی در برابر تغییرات دی اکسید کربن

جدول ۵- پارامترهای نشان دهنده نقش یون های کلراید و سولفات در خوردگی

منطقه	نمونه ها	اسیدیته آزمایشگاه	سولفات meq/L	کلرور meq/L	$\frac{Cl^- + SO_4^{2-}}{CO_3^{2-}}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^- + SO_4^{2-}}$
منطقه لالچین	A3	۶/۵	۷/۷۷۱	۰/۷۴۴	بی نهایت	۰/۶۵
	A5	۵/۷۸	۳/۱۶۷	۲/۵۰۴	بی نهایت	۲/۲۲
	A6	۷/۷۱	۲/۳۹۶	۰/۶۶۸	بی نهایت	۲/۶۱
	A10	۶/۲۶	۴/۰۶۳	۴/۱۶۹	بی نهایت	۱/۵۱
	A11	۶/۰۵	۴/۵۶۳	۱۸/۳۱	بی نهایت	۰/۸۸
	A17	۷/۱۲	۶	۲/۳۳۲	بی نهایت	۰/۷۶
منطقه چهاردولی	B3	۶/۸۸	۰/۹۳۳	۱/۳۴۸	بی نهایت	۴/۲۴
	B5	۶/۸۴	۱/۰۷۹	۱/۱۳۵	بی نهایت	۴/۶۴
	B6	۶/۵۴	۳/۱۴۶	۳/۵۲۱	بی نهایت	۳
	B10	۶/۶۱	۱۲/۴۱۷	۷/۱۸۳	بی نهایت	۱/۲۶
	B11	۷/۴۸	۰/۱۶	۰/۴۶۵	بی نهایت	۶/۷۱
منطقه قهاوند	C1	۶/۲	۳/۸۷۵	۲/۵۴۱	بی نهایت	۴/۰۵
	C2	۶/۲۵	۸/۴۳۸	۳/۸۰۳	بی نهایت	۲/۲
	C3	۶/۲۱	۸/۲۰۸	۴/۷۰۴	بی نهایت	۲/۱۷
	C7	۶/۲۷	۳/۸۱۳	۱/۹۰۴	بی نهایت	۳/۸۷
	C8	۶/۲۷	۳/۵۴۲	۲/۱۴۱	بی نهایت	۴/۰۹

جدول ۶- میانگین تغییرات دمایی در چاه های گازدار بر اساس درجه حرارت صحرائی و درجه حرارت زمین گرمایی

منطقه	میانگین دمایی (°C)	میانگین عمق (m)	اختلاف دمایی موجود بین مناطق (°C)						اختلاف دمایی مازاد بر اثر عمق (°C)			
			لالچین	چهاردولی	فامین - قهاوند	لالچین	چهاردولی	فامین - قهاوند	لالچین	چهاردولی	فامین - قهاوند	
لالچین	۱۴/۴۹	۵۷/۱۷	۰۰	۰/۵	۳/۲	۰۰	۰/۶۲	۲/۴۸	۰۰	۰/۱۲	۰/۷۲	
چهاردولی	۱۴/۹۹	۷۶	۰/۵	۰۰	۲/۷	۰/۶۲	۰۰	۱/۸۵	۰/۱۲	۰۰	۰/۸۵	
قهاوند	۱۷/۶۹	۱۳۲	۳/۲	۲/۷	۰۰	۲/۴۸	۱/۸۵	۰۰	۰/۷۲	۰/۸۵۲	۰۰	



شکل ۹- دما در برابر عمق در سه منطقه گازدار

- 9- Seibt A. Hot P. And Naumann. D. 2003. Gas solubility in formation waters of the North German Basin Implication for Geothermal energy recovery. Proceeding of World Geothermal Congress 2003 Kyushu. Tohoku japan.
- 10- Standard methods committee. 1990. Standard methods for the examination of water and wastewater part 9000 chemical examination Volume.1.
- 11-Tsunogai U. Ishibashi J. walita H. Gamo T. Masuzama T. Nakatsuka T. Nojiri Y. and Nakamura T. 1996. Fresh water seepage and pore water recycling on the seafloor. Sagami trough sabuction zone japan, earth and planetary science letter, 138, 157-

منابع

- ۱- اصغری مقدم م. و رجب‌پور ح. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر خواص هیدروشیمیایی آب زیرزمینی بر ساختمان چاه‌های کشاورزی دشت آذرشهر، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران.
- ۲- امیری م. ۱۳۷۴. مطالعه پتروگرافی، پترولوژی و مواد معدنی منطقه آلموقلاق (شمال اسد آباد همدان). پایان نامه کارشناسی ارشد پترولوژی. دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ۳- جلالی م. ۱۳۸۰. مطالعه کیفیت آب چاه‌های شهرستان همدان. سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان همدان. نشریه شماره ۲۷۵.
- ۴- چارکش امیری، م. ۱۳۷۸. اصول تصفیه آب، تهران، انتشارات ارکان.
- ۵- ساعتچی ا. ۱۳۶۵. مهندسی خوردگی (ترجمه). انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۶- عسگری کیا ر. ۱۳۷۸. بررسی علل خورنده بودن آب‌های دشت قهاوند استان همدان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ۷- مر ف. و مدبری س. ۱۳۷۷. مبانی زمین شیمی. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- 8- Mason B. and More C. B 1982. Principles of Geochemistry. John Wiley & Sons.