

وزارت نیرو

سازمان مدیریت منابع آب

مرکز تحقیقات منابع آب

معاونت آبهای زیرزمینی - امور هیدروژئوشیمی

دستور العمل تعیین pH تعادل آب زیرزمینی

به روش دیاگرام (pH - pC)



تهیه و تحقیق:

بیژن مهرسا - خدیجه شفیعی

دانشگاه
سازمان کتاب
کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک
معاونت مطالعات منابع آب
شماره ثبت: ۹۲۲۱
تاریخ ثبت: ۷۷/۱۲/۱۵

سال ۱۳۷۷

کد: ۱۲۰۱-۲۹۸-۴۲۰

موسسه تحقیقات آب
کتابخانه و مرکز اسناد
شماره ثبت: ۴۶۵۷
تاریخ ثبت: ۸۵/۱۰/۲۰

فهرست مطالب

صفحه

مقدمه.....	۱
۱- روش طراحی و ساخت دیاگرام.....	۲
۱-۱- رسم خطوط تیدروژن و تیدراکسید.....	۲
۱-۲- رسم منحنیهای $[A^{2-}]$, $[HA^-]$, $[H_2A]$	۳
۱-۳- رسم دیاگرام برای نمونه مورد نظر.....	۹
۱-۴- ارزیابی نمونه.....	۱۰
۲- مطالعه موردی.....	۱۲
۲-۱- موقعیت جغرافیائی و آب و هوا.....	۱۲
۲-۲- لیتواستراتیگرافی و زمین ساخت.....	۱۲
۲-۳- اثر سازندها بر منابع آبهای زیرزمینی.....	۱۴
۲-۴- طرز عمل.....	۱۵
۲-۵- نتیجه گیری.....	۱۵

فهرست جداول، نمودارها و نقشه

- ۱- نمودار پایداری pH - pC آبهای زیرزمینی
- ۲- نمودار پایداری pH - pC نمونه مفروض آب زیرزمینی
- ۳- بردار تعیین pHe
- ۴- جدول عوامل مورد نیاز محاسبه pHe و شاخص اشباع
- ۵- نقشه شاخص اشباع

پیش‌گفتار

پدیده صنعتی شدن، نیاز به آب را افزایش داده و به موازات آن مسائل و مشکلاتی را که نارسائیهای کیفی در مصارف مختلف به ویژه در سیستمهای آبکشی، آبرسانی و ذخیره آب به وجود میآورد، اهمیت بررسیهای کیفی را دوچندان نموده است. امروزه با افزایش تقاضای آب نیاز به استفاده از روشهای نوین و مقایسه نتایج بدست آمده با یکدیگر و بکارگیری نتیجه نهائی در تصمیم‌گیریهای مدیریتی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. بدیهی است بی‌توجهی به معضلات کیفی و نادیده انگاشتن اثرات تخریبی آب می‌تواند در دراز مدت مسئله را آنچنان غامض و پیچیده نماید که با هیچیک از روشهای ممکن امکان دستیابی به راه حل مناسب میسر نبوده و به ناچار تعویض سیستمها که هزینه‌های گزافی را در پی دارد، تنها چاره کار می‌باشد. این دستورالعمل، در همین راستا و به عنوان نقطه شروع می‌تواند در شناخت و جلوگیری از اثرات ناپایداری شیمیائی آبهای زیرزمینی بر سیستمهای درگیر از قبیل اجزاء پمپ، لوله‌های جدار و سیستمهای توزیع و ذخیره آب و سازه‌های زیرزمینی که در معرض هجوم آبهای زیرزمینی قرار دارند، موثر واقع شده و راه را برای تصمیم‌گیریهای مدیریتی بعدی هموار نماید.

امور هیدروژئوشیمی



دستور العمل تعیین pH تعادل آب زیرزمینی به روش دیاگرام (pC - pH)

مقدمه :

دیاگرام pH - pC ابزاری است که از آن برای مطالعات پایداری آبهای زیرزمینی به روش گرافیکی استفاده میشود. یکی از کاربردهای مهم این دیاگرام در بررسیهای هیدروژئوشیمی تعیین pH تعادل، با استفاده از سه پارامتر نتایج آنالیز شیمیائی آنها یعنی باقیمانده خشک، یون بی کربنات و یون کلسیم می باشد.

این دیاگرام را می توان بر اساس مجموع غلظت سیستمهای اسیدیته و قلیائیت آب زیرزمینی و pH تعادلی آن در حرارتهای مورد نظر طراحی نموده و برای حل مسائل کیفی مورد استفاده قرار داد.

تعیین pH تعادل (Equilibre) آب زیرزمینی در مطالعات هیدروژئولوژی و مصارف صنعتی از طریق ارزیابی اثرات آب بر سیستمهای آبکشی و آبرسانی دارای اهمیت بسیاری است، بطوریکه با مشخص شدن این پارامتر و مقایسه آن با pH حقیقی آب زیرزمینی، می توان تمایلات تهاجمی آب به آهک، سیمان و فلزات، ایجاد رسوب در سیستمهای توزیع و ذخیره آب و منصوبات درون چاهنی و یا بی اثر بودن آبرها نسبت به سیستمهای اطراف پیش بینی نموده و در جهت جلوگیری از معضلات و خسارات حاصل از تمایلات ناپایداری و بیقراری آب، مدیریتهای لازم را اعمال نمود. در این راستا روشهای تحلیلی و گرافیکی خاصی ارائه شده است که با استفاده از آنها امکان تعیین pH تعادل آب زیرزمینی فراهم می گردد. این روشها بتدریج در دستورالعملهای بعدی معرفی خواهند شد. بدیهی است با در دست داشتن رقم تعیین شده pH تعادل، از این روش و از سایر دستورالعملهای گرافیکی و تحلیلی و مقایسه ارقام حاصله، امکان ارائه رقم قطعی این پارامتر در راستای اجرا و اعمال نظرات و پیشنهادات فنی فراهم می گردد. در این فرآیند تمایلات ناپایداری آنها نیز در صفحه بردار بصورت آنالوژیک یا قیاسی قابل ارزیابی می باشد.

۱- روش طراحی و ساخت دیاگرام

در ترکیب آبهای طبیعی، عوامل اسیدیته و قلیائیت در ارتباط نزدیک با pH بوده و بهمین

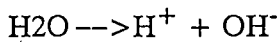
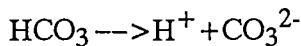
مناسبت در ساختار این دیاگرام مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

با کاهش pH ، کمیت یون تیروژن افزایش یافته و بالعکس غلظت یون تیدراکسید کاهش میابد. حداکثر رقم اسید کربنیک در pH کمتر از ۶/۳ و حداکثر یون بی کربنات در pH های بین ۶/۳ و ۱۰/۳ و حداکثر یون کربنات در pH بالاتر از ۱۰/۳ بوجود می‌آید.

در دیاگرام pH - pC محور x ها بعنوان محور pH و محور y ها بعنوان محور کولگاریتم غلظت گونه‌های مورد بحث در نظر گرفته می‌شوند. بعبارت دیگر غلظت هر گونه شیمیائی، به صورت تابعی از pH بیان می‌گردد. برای سهولت عمل، نمونه آب زیرزمینی محلولی ایده‌آل فرض شده و در روابط زیر فعالیت برابر غلظت آنالیتیکی در نظر گرفته شده است.

۱-۱- رسم خطوط تیروژن و تیدراکسید

معادله یونیزاسیون بی کربنات و آب به صورت زیر است:



و برای ثابت ترمودینامیکی در تمام واکنش‌هاییکه در آن حالت تعادلی برقرار میشود خواهیم داشت:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$$\log [\text{H}^+] = -\text{pH}$$

برای رسم خط تیروژن می‌توان نوشت:

$$\log [\text{OH}^-] = \text{pH} - \text{p}K_w$$

همچنین برای رسم عامل تیدراکسید:

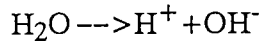
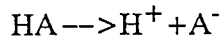
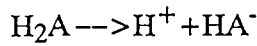
هر یک از معادله‌های فوق بیانگر خط راست بوده و شیب دو معادله اخیر به صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{d \log [\text{H}^+]}{d \text{pH}} = -1$$

$$\frac{d \log [\text{OH}^-]}{d \text{pH}} = +1$$

۱-۲- رسم منحنیهای $[\text{A}^{2-}]$, $[\text{HA}^-]$, $[\text{H}_2\text{A}]$

معادلات موازنه شیمیائی تمام واکنشها در حالت تعادل به صورت زیر است:



قابلیتهای تعادلی را می توان از طریق رابطه های زیر تعریف نمود:

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}][\text{HA}^-]}{[\text{H}_2\text{A}]}$$

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^{2-}]}{[\text{HA}^-]}$$

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

موازنه جرمی برای مجموع جرمهای گروه غیر فلزی اسید، طبق رابطه زیر بیان می شود:

$$C_T = [\text{H}_2\text{A}] + [\text{HA}^-] + [\text{A}^{2-}]$$

کلیه گونه های شیمیائی را که می توان در این سیستم مشاهده نمود مشتمل بر $[\text{H}_2\text{A}]$ و $[\text{HA}^-]$ ، $[\text{A}^{2-}]$ ، $[\text{H}^+]$ ، $[\text{OH}^-]$ می باشند.

برای رسم منحنی $[\text{H}_2\text{A}]$ ابتدا رابطه ثابت تعادلی برای مرحله اول یونیزاسیون به شکل زیر مرتب می شود:

$$[\text{HA}^-] = \frac{K_{a1}[\text{H}_2\text{A}]}{[\text{H}^+]}$$

برای مرحله دوم یونیزاسیون اسید، بازسازی رابطه ثابت تعادلی به شکل زیر خواهد بود:

$$[\text{A}^{2-}] = \frac{K_{a2}[\text{HA}^-]}{[\text{H}^+]}$$

هر گاه از دو رابطه اخیر $[\text{HA}^-]$ حذف شود خواهیم داشت:

$$[\text{A}^{2-}] = \frac{K_{a1}K_{a2}[\text{H}_2\text{A}]}{[\text{H}^+]^2}$$

با قرار دادن مقادیر به دست آمده در موازنه جرمی می توان نوشت:

$$[H_2A] \left[1 + \frac{K_{a1}}{[H^+]} + \frac{K_{a1}K_{a2}}{[H^+]^2} \right] = C_T$$

و یا

$$[H_2A] = \frac{C_T [H^+]^2}{[H^+]^2 + [H^+]K_{a1} + K_{a1}K_{a2}}$$

با گرفتن لگاریتم از دو طرف معادله اخیر نتیجه خواهد شد:

$$\log[H_2A] = \log C_T - 2pH - \log([H^+]^2 + [H^+]K_{a1} + K_{a1}K_{a2})$$

در معادله فوق K_{a1} و K_{a2} به ترتیب ثابتهای ترمودینامیکی مراحل اول و دوم تفکیک یونی اسید کربنیک می باشند.

پنج حالت مختلف برای رسم موازنه های دیاگرام $\log[H_2A]$ در مقابل pH قابل توجیه می باشد:

حالت اول: $pH < 5.3$ - در این حالت: $\log[H_2A] = \log C_T$ و شیب خط عبارتست از:

$$\frac{d \log[H_2A]}{dpH} = 0$$

برای رسم منحنی در این ناحیه که pH لااقل یک واحد از pK_{a1} کوچکتر است خط افقی با مقدار داده شده C_T نقطه یابی می شود.

حالت دوم: $5.3 < pH < 7.3$ در این حالت:

$$\log[H_2A] = \log C_T - 2pH - \log([H^+]^2 + [H^+]K_{a1})$$

و بجای خط مستقیم یک منحنی بدست می آید.

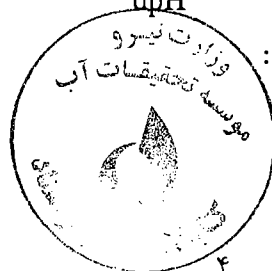
حالت سوم: $7.3 < pH < 9.3$ در این حالت:

$$\log[H_2A] = \log C_T - pH + pK_{a1}$$

و کاربرد آن در شرایطی است که pH، لااقل یک واحد کمتر از pK_{a2} بوده و حداقل یک واحد

بزرگتر از pK_{a1} باشد. شیب منحنی برابر -1 می باشد.

حالت چهارم: $9.3 < pH < 11.3$ در این حالت:



$$\log[H_2A] = \log C_T - 2pH - \log([H^+]K_{a1} + K_{a1}K_{a2})$$

معادله اخیر معرف منحنی بجای خط راست بوده و هنگامیکه pH در فاصله بین یک واحد از دو طرف pK_{a2} واقع باشد ارزش کاربردی خواهد داشت.

حالت پنجم: $pH > 11.3$ در این حالت:

$$\log[H_2A] = \log C_T - 2pH + pK_{a1} + pK_{a2}$$

معادله اخیر هنگامیکه pH حداقل یک واحد بزرگتر از pK_{a2} باشد کاربرد داشته و شیب خط یا

$$\frac{d \log[H_2A]}{dpH} \text{ برابر } 2 \text{ بوده و یا با زاویه } 63/4 \text{ درجه ادامه می یابد.}$$

برای رسم منحنی $[HA^-]$ ، رابطه ثابت تعادلی برای اولین مرحله یونیزاسیون اسید به شکل زیر مرتب می شود:

$$[H_2A] = \frac{[H^+][HA^-]}{K_{a1}}$$

با جابجائی در رابطه موازنه جرمی، برای $[H_2A]$ خواهیم داشت:

$$[HA^-] \left[1 + \frac{[H^+]}{K_{a1}} + \frac{K_{a2}}{[H^+]} \right] = C_T$$

$$[HA^-] = \frac{K_{a1}[H^+]C_T}{[H^+]^2 + [H^+]K_{a1} + K_{a1}K_{a2}}$$

با گرفتن لگاریتم از دو طرف معادله فوق:

$$\log[HA^-] = \log C_T - pK_{a1} - pH - \log([H^+]^2 + [H^+]K_{a1} + K_{a1}K_{a2})$$

برای پنج حالت اخیر معادلات زیر نتیجه خواهند شد:

$$\log[\text{HA}^-] = \log C_T - pK_{a1} + \text{pH}$$

حالت اول:

$$\frac{d\log[\text{HA}^-]}{d\text{pH}} = +1$$

$$\log[\text{HA}^-] = \log C_T - pK_{a1} - \text{pH} - \log([\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+]K_{a1})$$

حالت دوم:

$$\log[\text{HA}^-] = \log C_T$$

حالت سوم:

$$\frac{d\log[\text{HA}^-]}{d\text{pH}} = 0$$

$$\log[\text{HA}^-] = \log C_T - pK_{a1} - \text{pH} - \log(K_{a1}[\text{H}^+] + K_{a1}K_{a2})$$

حالت چهارم:

$$\log[\text{HA}^-] = \log C_T + pK_{a2} - \text{pH}$$

حالت پنجم:

$$\frac{d\log[\text{HA}^-]}{d\text{pH}} = -1$$

در حالت اول، شیب خط ۴۵ درجه، در حالت سوم، صفر و در حالت پنجم، برابر ۴۵ درجه، در جهت عکس حالت اول می باشد.

برای رسم منحنی $[\text{A}^{2-}]$ رابطه ثابت تعادلی برای دومین مرحله یونیزاسیون اسید به صورت زیر بازسازی می شود:

$$[\text{HA}^-] = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^{2-}]}{K_{a2}}$$

هر گاه معادله اخیر و اولین معادله میحث رسم منحنی $[\text{HA}^-]$ برای حذف $[\text{HA}^-]$ مورد استفاده

قرار گیرند خواهیم داشت:

$$[H_2A] = \frac{[H^+]^2[A^{2-}]}{K_{a1}K_{a2}}$$

با قرار دادن پارامترهای فوق در معادله موازنه جرمی، نتیجه می شود:

$$[A^{2-}]\left[1 + \frac{[H^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} + \frac{[H^+]}{K_{a2}}\right] = C_T$$

و یا

$$[A^{2-}] = \frac{K_{a1} K_{a2} C_T}{[H^+]^2 + K_{a1}[H^+] + K_{a1} K_{a2}}$$

با گرفتن لگاریتم از دو طرف معادله اخیر می توان نوشت:

$$\log[A^{2-}] = \log C_T - pK_{a1} - pK_{a2} - \log([H^+]^2 + K_{a1}[H^+] + K_{a1}K_{a2})$$

و معادلات و شیبهای زیر برای ۵ حالت یاد شده به دست خواهند آمد:

$$\log[A^{2-}] = \log C_T - pK_{a1} - pK_{a2} + 2pH \quad \text{حالت اول:}$$

$$\frac{d\log[A^{2-}]}{dpH} = +2$$

$$\log[A^{2-}] = \log C_T - pK_{a1} - pK_{a2} - \log([H^+]^2 + [H^+]K_{a1}) \quad \text{حالت دوم:}$$

$$\log[A^{2-}] = \log C_T - pK_{a2} + pH \quad \text{حالت سوم:}$$

$$\frac{d\log[A^{2-}]}{dpH} = +1$$

$$\log[A^{2-}] = \log C_T - pK_{a1} - pK_{a2} - \log(K_{a1}[H^+] + K_{a1} K_{a2}) \quad \text{حالت چهارم:}$$

$$\log[A^{2-}] = \log C_T$$

حالت پنجم:

$$\frac{d\log[A^{2-}]}{dpH} = 0$$

حال با توجه به معادلات داده شده، دیاگرام تعادلی، که بازگو کننده چگونگی تغییرات pH در مقابل لگاریتم غلظت هر یک از گونه‌های شیمیائی می باشد ساخته می شود.
نقطه ساختمانی ۱ - هر گاه رقم pH معادل pK_{a1} باشد همبستگیهای زیر بوجود می آید.

$$[H_2A] = [HA^-]$$

$$[A^{2-}] = 0$$

تحت این شرایط:

$$[H_2A] = 1/2 C_T$$

$$[HA^-] = 1/2 C_T$$

با گرفتن لگاریتم از دو طرف معادلات اخیر خواهیم داشت:

$$\log[H_2A] = \log C_T - 0.3$$

$$\log[HA^-] = \log C_T - 0.3$$

معادلات فوق نشان می دهد، موقعیکه $pH = pK_{a1}$ باشد، منحنیهای $[H_2A]$ و $[HA^-]$ از یک نقطه مشترک که روی pK_{a1} واقع شده و بطور عمودی 0.3 واحد زیر خط افقی $\log C_T$ قرار دارد می گذرد.

نقطه ساختمانی ۲ - هنگامیکه $pH = pK_{a2}$ باشد همبستگیهای زیر بوجود می آید:

$$[HA^-] = [A^{2-}]$$

$$[H_2A] = 0$$

و یا

$$\log[HA^-] = \log C_T - 0.3$$

$$\log[A^{2-}] = \log C_T - 0.3$$

نقطه ساختمانی (۱) را میتوان در نقطه یابی مسیر انحنا یافته $[H_2A]$ و $[HA^-]$ در ناحیه pK_{a1} مورد استفاده قرار داد.

نقطه ساختمانی (۲) میتواند در نقطه یابی قسمت‌های انحنا یافته $[HA^-]$ و $[A^{2-}]$ در ناحیه pK_{a2} مورد استفاده قرار گیرد. اگر چه $[A^{2-}]$ در حقیقت در ناحیه pK_{a2} انحنا دارد، ولی رسم آن به صورت خط، خطای کمی را بوجود می‌آورد زیرا رقم غلظت در این نواحی بسیار پائین است. نمودار شماره (۱)

۳-۱- رسم دیاگرام برای نمونه مورد نظر:

همانطوریکه قبلاً نیز گفته شد برای رسم دیاگرام تعادلی گونه‌های کربنیک نمونه آب مفروض از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$p[H_2A] = pC_T + 2pH - p([H^+]^2 + [H^+]K_{a1} + K_{a1} \cdot K_{a2})$$

$$p[HA^-] = pC_T + pK_{a1} + pH - p([H^+]^2 + [H^+]K_{a1} + K_{a1} \cdot K_{a2})$$

$$p[A^{2-}] = pC_T + pK_{a1} + pK_{a2} - p([H^+]^2 + [H^+]K_{a1} + K_{a1} \cdot K_{a2})$$

K_{a1} و K_{a2} ثابت‌های ترمودینامیک مراحل اول و دوم تفکیک یونی اسید کربنیک در آب بوده که با توجه به حرارت آب از روابط زیر قابل محاسبه می‌باشند:

$$pK_{a1} = 17052/T + 215.21(\log T) - 0.12675(T) - 545.56$$

$$pK_{a2} = 2902.39/T + 0.02379(T) - 6.498$$

در روابط فوق حرارت برحسب درجه کلون و معادل $T = (t_c + 273)$ می‌باشد.

هر گاه نمونه مورد نظر در حرارت متعارف ۲۵ درجه سانتیگراد مورد بررسی قرار گیرد، رقم‌های ثابت ترمودینامیک برابر $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}$ و $K_{a2} = 4.67 \times 10^{-11}$ بدست می‌آید. از رقم‌های ذکر شده استفاده شده و نسبت به رسم منحنی‌های سه گانه که اجزاء دیاگرام $pC-pH$ را بوجود می‌آورند اقدام می‌شود.

۴-۱- ارزیابی نمونه:

THE pC-pH EQUILIBRIUM DIAGRAM



شماره ۱

پارامترهای مورد نیاز هیدروژنوشیمیائی در این روش رقمهای میلی اکی الان در لیتر HCO_3^- و Ca^{2+} و میلیگرم در لیتر TDS یا باقیمانده خشک نمونه بوده که از فرم ۰۳۱-۰۴۲۰ (عناصر اصلی) مستقیماً استخراج می‌گردند.

با قرار دادن رقمهای عوامل شیمیائی در روابط زیر، مقادیر CT، $\log \alpha_m$ و $\log \alpha_d$ محاسبه میشوند.

$$CT = r\text{HCO}_3^- [(1.172 \times 10^{-5} \cdot r\text{HCO}_3^- \cdot r\text{CO}_3^{2+} \cdot \alpha_m^2 \cdot \alpha_d) + 0.001] + (9.14 \times 10^{-6} / r\text{CO}_3^{2+} \cdot \alpha_d^2)$$

$$\log \alpha_m = (3 - 825 \times 10^{-6} \cdot \text{TDS}) - (2.55 \times 10^{-3} \cdot \text{TDS}^{0.5} / 1 + 5 \times 10^{-3} \cdot \text{TDS}^{0.5})$$

$$\log \alpha_d = 4 \log \alpha_m$$

از رقم CT لگاریتم پایه ۱۰ گرفته شده و نتیجه با تعویض علامت یادداشت می‌شود.

با حرکت رو به بالا و پائین اشل در جهت قائم، مؤلفه‌های افقی منحنیهای مستقیم (نمودار شماره ۲) با رقم pCT منطبق شده و اشل در همین حالت ثابت می‌گردد. دقت تطبیق در این مرحله بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

مقادیر $p[\text{H}_2\text{A}]$ ، $p[\text{A}^{2-}]$ و $p[\text{HA}^-]$ با توجه به روابط زیر محاسبه شده و به ترتیب روی محور pC منتقل می‌شوند. با عبور خطوط افقی فرضی از این نقاط، محل تقاطع، با منحنیهای سیستم دقیقاً علامت گذاری می‌شود.

$$p[\text{H}_2\text{A}] = p(r\text{HCO}_3^{-2} \cdot r\text{Ca}^{2+} \cdot \alpha_m^2 \cdot \alpha_d) + 4.931$$

$$p[\text{A}^{2-}] = -p(r\text{Ca}^{2+} \cdot \alpha_d^2) + 5.039$$

$$p[\text{HA}^-] = p(r\text{HCO}_3^-) + 3$$

بردار عمودی که قبلاً روی طلق overlay یا انیمیشن (Animation) تهیه شده (نمودار شماره ۳) طوری روی دیاگرام قرار داده می‌شود که از نقاط تقاطع خطوط افقی فرضی با منحنیهای سیستم عبور نماید.

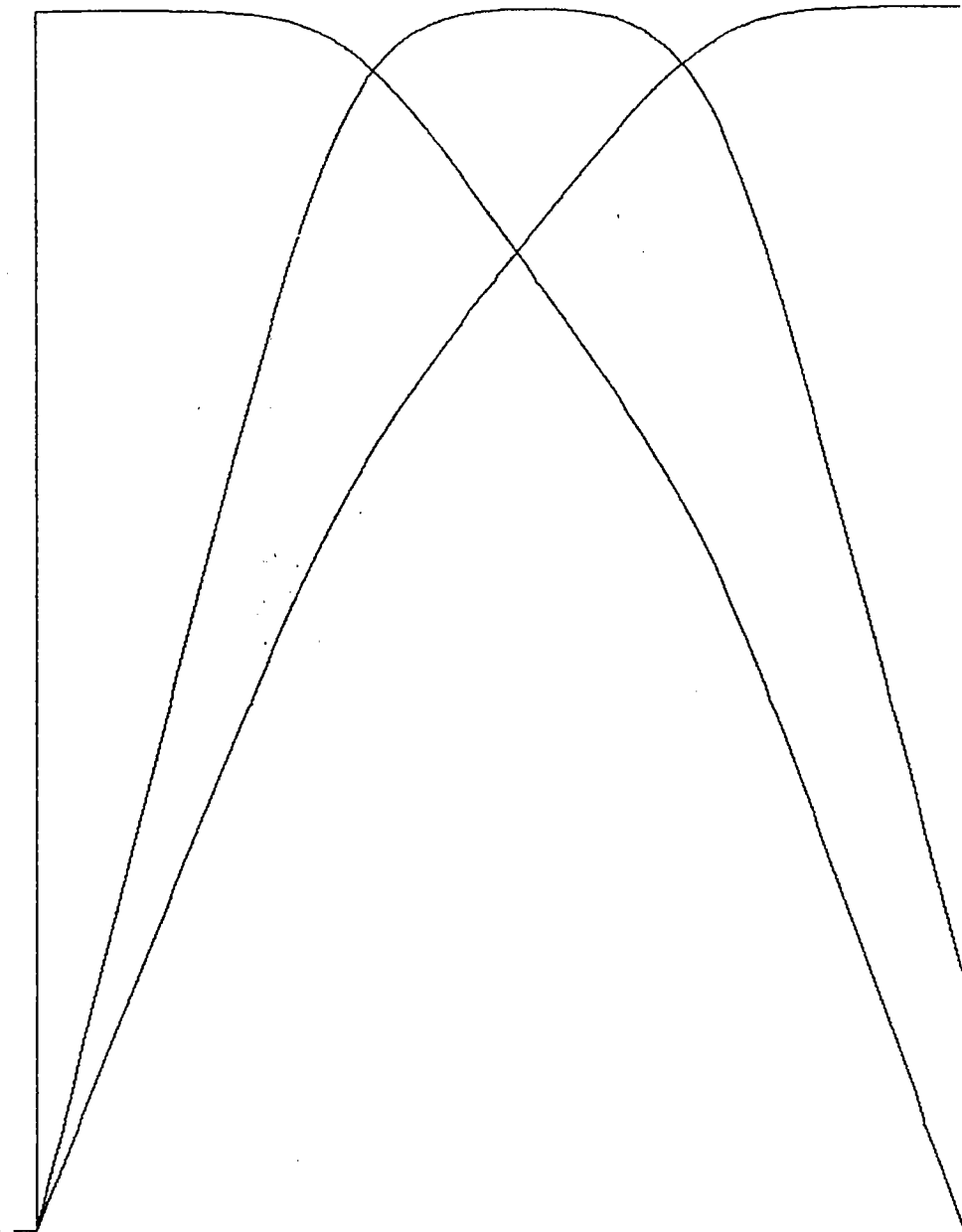
نقطه برخورد بردار با محور pH ، رقم pH تعادل آب زیر زمینی یا pHe را به دست خواهد داد. با یادداشت این رقم فرایند کار با دیاگرام خاتمه میابد.

به منظور ارزیابی پتانسیل قیاسی یا آنالوژیک ناپایداری آب از طریق شاخص LI عمل می‌شود.

H2A

HA-

A-2

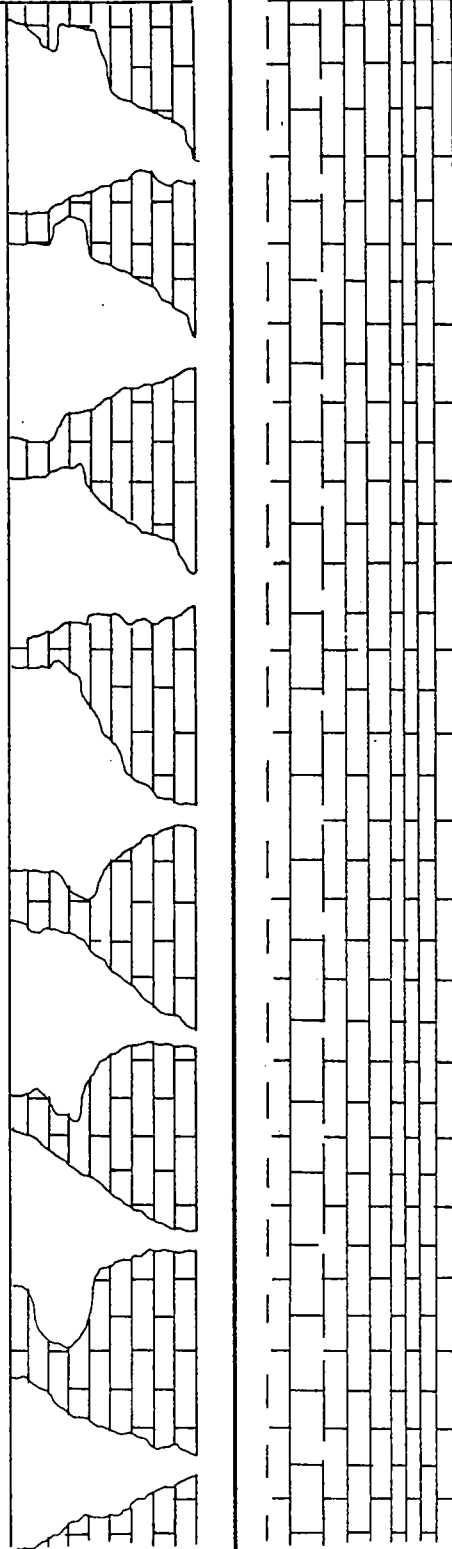


پ. ا. ل. ا. ب. س. م.

-3 -2 -1 0 1 2 3

افزایش تمایل خوردگی PHa

افزایش تمایل رسوب زایی PHa



شماره ۳

PHe

$$LI = \text{pHa} - \text{pHe}$$

هر قدر رقم LI بزرگتر از صفر باشد پتانسیل ناپایداری یا غیر تعادلی آب بیشتر بوده و می‌تواند در جهت رسوبزائی و ایجاد جرم کربنات کلسیم در سیستمهای آبکشی و آبرسانی عمل نماید. (جدول شماره ۱ تا ۳).

هر گاه LI منفی باشد، با کوچکتر شدن آن، پتانسیل غیر تعادلی در جهت تهاجم شیمیائی یا خوردگی افزایش می‌یابد. در مطالعه آبخوانها، با استفاده از رقمهای مثبت و منفی LI امکان تهیه نقشه ناپایداری شیمیائی آبهای زیرزمینی فراهم شده و پهنه‌های دارای قابلیت خوردگی، رسوبزائی و مناطق بی‌اثر قابل تفکیک می‌باشند. برای نمایش پتانسیلهای نسبی قابل قیاس در روی نقشه، معمولاً نسبت به طبقه بندی شاخص اشباع و ارائه نقشه پهنه‌بندی اقدام می‌شود:

فاصله کلاسها در بخشهای با قابلیت رسوبزائی می‌تواند به صورت:

$$LI > 1, 1 > LI > 0.8, 0.8 > LI > 0.6, 0.6 > LI > 0.4, 0.4 > LI > 0.2, LI > 0.2$$

و در پهنه‌های با قابلیت خوردگی به همان صورت و با علامت منفی باشد.

جدول عوامل مورد نیاز محاسبه pHe و شاخص اشباع

شماره	مختصات نقطه	meq/l		TDS	m	d	CT	PC			pH	pHe	Slc	پتانسیل غیر تعادلی	رسوبزا
		Ca ⁺⁺	HCO ₃ ⁻					p(A) ⁻²	p(HA) ⁻¹	p(H ₂ A)					
۱	31A-7D	۱۵/۸	۱/۷	۳۳۳۶	۷۹	۳۹	۱/۸۳×۱۰ ^{-۳}	۲/۸۸	۲/۷۷	۵/۳۳	۷/۷	۷/۳۳	۳/۶	+	
۲	35A-159S	۷/۲	۶/۲	۵۳۳۳	۷۶	۳۳	۸/۶×۱۰ ^{-۳}	۲/۶۱	۲/۲۱	۵/۵۳	۷/۷	۶/۶۵	۱/۰۵	+	
۳	36A-183S	۸/۳	۵/۸	۲۳۷۸	۸۱	۳۳	۶/۷۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۰۲	۲/۲۴	۵/۲۳	۷/۹	۷/۰۵	۱/۸۵	+	
۴	36A-235S	۹	۷/۱	۲۷۷۲	۸۰	۳۱	۸/۵۳×۱۰ ^{-۳}	۲/۸۵	۲/۱۵	۵/۲۳	۷/۸	۶/۹۶	۱/۸۳	+	
۵	37A-155D	۱۲/۲	۶/۷	۲۹۳۷	۷۸	۳۷	۸/۱۷×۱۰ ^{-۳}	۲/۸۳	۲/۱۷	۵/۲۷	۷/۹	۶/۹۳	۱/۹۷	+	
۶	38A-44S	۶/۶	۶/۷	۱۷۳۰	۸۳	۳۷	۷/۸۳×۱۰ ^{-۳}	۲/۹۵	۲/۱۷	۵/۷۰	۷/۷	۷/۰۵	۱/۶۵	+	
۷	39A-55S	۱۱/۲	۶/۳	۷۸۹۸	۸۰	۳۱	۷/۸۱×۱۰ ^{-۳}	۲/۸۵	۲/۱۹	۵/۲۱	۷/۷	۶/۹۱	۱/۷۹	+	
۸	44A-13S	۲۳/۲	۵/۷	۹۳۸۷	۷۴	۳۰	۷/۱۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۸۳	۲/۳۳	۵/۲۶	۷/۹	۶/۸۲	۱/۰۸	+	
۹	36B-22S	۲۲/۴	۲/۳	۷۸۳۹	۸۰	۳۱	۳/۰۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۱۲	۲/۳۸	۵/۶۲	۸	۶/۹۱	۱/۰۹	+	
۱۰	45B-18S	۶/۳	۶/۳	۲۲۸۹	۸۱	۳۳	۷/۱۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۰۷	۲/۲۰	۵/۱۲	۸/۲	۷/۱۱	۱/۰۹	+	
۱۱	46C-12S	۳	۴/۸	۲۳۷۳	۷۹	۳۹	۵/۰۲×۱۰ ^{-۳}	۲/۷۱	۲/۳۲	۴/۶۹	۷/۸	۷/۶۱	۱/۱۹	+	
۱۲	48C-12S	۲۲	۵/۳	۱۲۶۰۰	۷۳	۳۹	۶/۳۳×۱۰ ^{-۳}	۲/۹۵	۲/۲۸	۵/۳۰	۸	۶/۹۰	۱/۱	+	
۱۳	49C-75S	۸/۶	۶	۴۲۶۰	۷۸	۳۶	۶/۸۱×۱۰ ^{-۳}	۲/۰۹	۲/۲۲	۵/۱۰	۸	۷/۰۹	۱/۹۱	+	
۱۴	47D-6S	۲۳/۸	۴/۸	۱۴۱۷۵	۷۳	۳۸	۵/۹۲×۱۰ ^{-۳}	۲/۹۹	۲/۳۱	۵/۳۳	۸/۲	۶/۸۹	۱/۳۱	+	
۱۵	38E-2D	۶/۶	۲/۳	۱۵۰۶	۸۳	۳۹	۴/۷۱×۱۰ ^{-۳}	۲/۵۱	۲/۶۷	۵/۳۳	۸/۱	۷/۳۱	۱/۷۹	+	
۱۶	40E-3D	۱۴/۲	۷/۳	۷۵۹۲	۸۱	۳۲	۳/۱×۱۰ ^{-۳}	۲/۳	۲/۳۸	۵/۳۴	۷/۷	۷/۰۷	۱/۶۳	+	

جدول شماره (۱)

جدول عوامل مورد نیاز محاسبه pH و شاخص اشباع

شماره ردیف	مختصات نقاط	meq/l		TDS	m	d	CT	PC			pH	pHe	Slc	پتانسیل غیر تعادلی	رسوب‌باز
		Ca ⁺⁺	HCO ₃ ⁻					p(A) ⁻²	p(HA) ⁻¹	p(H ₂ A)					
۱۷	41E-7D	۲۱	۲۷	۲۵۳۶	۱۷۷	۱۲۶	$5/8 \times 10^{-3}$	۲/۹۳	۲/۳۳	۵/۳۷	۶/۸۳	۱۷۷	+		
۱۸	41E-29D	۷/۶	۲۷	۱۶۴۳	۱۸۳	۱۲۸	$۲/۱ \times 10^{-3}$	۲/۳۹	۲/۳۳	۵/۲۸	۷/۲۲	۱۷۸	+		
۱۹	37F-4D	۶/۸	۲/۷	۱۵۱۲	۱۸۳	۱۲۹	$۲/۱ \times 10^{-3}$	۲/۳۲	۲/۳۳	۵/۲۵	۷/۲۶	۱۶۴	+		
۲۰	40F7D	۱۲/۲	۲/۳	۲۶۲۷	۱۸۰	۱۲۲	$۲/۷۸ \times 10^{-3}$	۲/۳۱	۲/۲۸	۵/۳۳	۷/۰۷	۱۶۳	+		
۲۱	41F-7D	۱۲/۲	۱/۱	۲۶۹۹	۱۸۰	۱۲۲	$۱/۱۵ \times 10^{-3}$	۲/۲۹	۲/۲۹	۵/۳۱	۷/۵۶	۱۴۱	+		
۲۲	42F-7D	۱۵/۶	۲/۳	۲۰۲۰	۱۸۰	۱۲۰	$۲/۱۵ \times 10^{-3}$	۲/۲۶	۲/۲۷	۵/۳۳	۷/۰۳	۱۷۶	+		
۲۳	38G-4D	۹/۲	۲/۲	۱۹۶۱	۱۸۲	۱۲۶	$۲/۵ \times 10^{-3}$	۲/۲۴	۲/۲۹	۵/۳۲	۷/۲۳	۱۷۷	+		
۲۴	41G-3D	۱۳/۸	۳/۱	۲۸۰۲	۱۸۰	۱۲۱	$۲/۵۲ \times 10^{-3}$	۲/۲۵	۲/۲۵	۵/۳۴	۷/۰۹	۱۷۱	+		
۲۵	44G-1D	۱۵	۲/۹	۳۳۷۰	۱۸۹	۱۲۹	$۲/۲۶ \times 10^{-3}$	۲/۲۵	۲/۲۵	۵/۳۹	۷/۱۳	۱۵۶	+		
۲۶	43R-3Q	۲/۶	۲/۹	۹۷۶	۱۸۶	۱۵۵	$۲/۰۹ \times 10^{-3}$	۲/۲۳	۲/۵۳	۵/۱۸	۷/۲۸	۱۶۲	+		
۲۷	43S-4SP	۲/۷	۲/۵	۵۸۷	۱۸۸	۱۶۱	$۲/۱ \times 10^{-3}$	۲/۵۱	۲/۵۱	۵/۰۵	۷/۲۶	۱۴۳	+		
۲۸	39T-1Q	۱۹/۳	۷/۵	۲۱۵۰	۱۷۹	۱۲۰	$۱/۰۷ \times 10^{-3}$	۲/۲۹	۲/۱۲	۵/۵۳	۶/۶۱	۱۸۹	+		
۲۹	44T-1Q	۲/۵	۵/۵	۴۹۵	۱۸۹	۱۶۴	$۵/۱۵ \times 10^{-3}$	۲/۲۵	۲/۲۶	۵/۰۳	۷/۳	۱۶	+		
۳۰	46U-2Q	۲/۳	۲/۹	۵۷۵	۱۸۹	۱۶۲	$۲/۰۲ \times 10^{-3}$	۲/۹۶	۲/۵۳	۴/۹۸	۷/۷۲	۱۲۸	+		
۳۱	48U-9Q	۲/۹	۲/۵	۹۲۰	۱۸۶	۱۵۶	$۲/۲ \times 10^{-3}$	۲/۷۶	۲/۲۶	۴/۹۹	۷/۵۸	۱۱۲	+		
۳۲	51U-12Q	۱/۵	۲/۵	۶۷۰	۱۸۸	۱۶۰	$۲/۶ \times 10^{-3}$	۲/۷۸	۲/۲۵	۲/۷۷	۷/۷۲	۱۲۸	+		

جدول شماره (۲)

جدول عوامل مورد نیاز محاسبه pH و شاخص اشباع

شماره ردیف	مختصات نقطه	meq/l		TDS	m	d	CT	PC			pH	pHe	Sic	پتانسیل غیر تعادلی	رسوبها
		Ca ⁺⁺	HCO ₃ ⁻					p(HA) ⁻²	p(HA) ⁻¹	p(H ₂ A)					
۲۳	41V-1Q	۲/۲	۷/۱	۱۰۲۶	۰/۸۶	۱۵۳	۲/۱۸×۱۰ ^{-۳}	۲/۱۸	۲/۶۸	۵/۰۱	۸	۷/۷۷	۲/۲	+	
۲۴	47V-3Q	۲/۵	۷/۷	۲۶۹	۱/۹۲	۱۷۱	۲/۸۲×۱۰ ^{-۳}	۲/۹۰	۲/۵۷	۵/۱۴	۸	۷/۶۴	۲/۶	+	
۲۵	49V-5Q	۶/۶	۲/۲	۱۹۹۲	۱/۸۲	۲۵	۲/۲۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۶۱	۲/۴۹	۵/۱۷	۸	۷/۳۸	۱/۲	+	
۲۶	34W-14D	۱/۸	۵/۲	۵۸۵۹	۱/۶	۲۳	۶/۲۱×۱۰ ^{-۳}	۲/۹۵	۲/۲۸	۵/۳۴	۷/۹	۶/۹۱	۱/۹	+	
۲۷	35W-26D	۱۹/۸	۵/۵	۹۲۴۷	۱/۴	۲۰	۶/۶۶×۱۰ ^{-۳}	۲/۹۴	۲/۲۶	۵/۲۹	۸	۶/۸۹	۱/۱۱	+	
۲۸	36W-22D	۶/۶	۴/۲	۱۷۳۸	۱/۳	۲۷	۴/۷۷×۱۰ ^{-۳}	۲/۳۳	۲/۳۷	۵/۲۱	۷/۲	۷/۲	.	+	
۲۹	35X-26D	۹	۲/۲	۲۱۸۵	۱/۸۲	۳۴	۲/۶۲×۱۰ ^{-۳}	۲/۳۷	۲/۴۸	۵/۲۹	۷/۵	۷/۲۵	۲/۵	+	
۳۰	36X-25D	۲۵/۴	۲	۷۹۶۸	۱/۵	۳۱	۲/۶۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۱۹	۲/۵۲	۵/۵۷	۷/۱	۶/۸۹	۰/۲۱	+	
۳۱	40X-13D	۱۲/۴	۱/۹	۲۶۴۹	۱/۹	۳۸	۲/۰۴×۱۰ ^{-۳}	۲/۸۷	۲/۷۲	۵/۲۴	۷/۸	۷/۲۷	۲/۴	+	
۳۲	47X-1Q	۱۵/۶	۱/۱	۲۶۹۷	۱/۹	۳۸	۱/۱۵×۱۰ ^{-۳}	۴/۲۸	۲/۹۶	۵/۳۹	۷/۹	۷/۵۵	۲/۵	+	
۳۳	34Z-38S	۱۱/۴	۵	۲۰۴۷	۱/۸۲	۴۵	۶/۰۲×۱۰ ^{-۳}	۲/۹۹	۲/۲۰	۵/۴۱	۸	۶/۹۵	۱/۰۴	+	
۳۴	35Z-43S	۴	۵/۷	۷۵۶	۱/۸۷	۱۵۸	۶/۲۸×۱۰ ^{-۳}	۲/۱۷	۲/۲۴	۵/۱۷	۸	۷/۲۲	۱/۸	+	
۳۵	37Z-79S	۸/۶	۸/۸	۶۵۳۶	۱/۷۷	۲۶	۱/۰۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۷۷	۲/۰۵	۵/۰۸	۷/۹	۶/۹۸	۱/۲	+	
۳۶	39Z-22S	۶/۲	۸/۳	۷۸۰۵	۱/۸	۳۱	۹/۶۴×۱۰ ^{-۳}	۲/۸۸	۲/۰۸	۵/۰۶	۷/۹	۷/۰۴	۱/۵	+	
۳۷	40Z-7S	۴/۸	۷/۵	۲۰۰۲	۱/۸۲	۴۵	۸/۳۸×۱۰ ^{-۳}	۲/۰۱	۲/۱۲	۵/۰۴	۸/۱	۷/۱۱	-۱/۹۹	+	
۳۸	41Z-5S	۹/۲	۷	۷۵۱۸	۱/۸۱	۳۳	۸/۳۷×۱۰ ^{-۳}	۲/۸۳	۲/۱۵	۵/۲۶	۷/۸	۶/۹۲	۱/۸	+	

جدول شماره (۳)

۲- مطالعه موردی

به منظور انجام این روش در یکی از دشتهای کشور که دارای سفره آب زیرزمینی میباشد، با توجه به سهولت دسترسی به آمار و اطلاعات کیفیت شیمیائی، دشت کوهپایه - سگزی انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲-۱- موقعیت جغرافیائی و آب و هوا

این محدوده بین مختصات جغرافیائی ۳۹° - ۵۱° تا ۴۸° - ۵۲° طول شرقی و ۳۲° تا ۳۳° عرض شمالی واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۲۲۰۰ کیلومتر مربع و وسعت دشت ۴۹۸۰ کیلومتر مربع است. تنها منبع آب سطحی در این دشت، رودخانه زاینده رود است که مسیر کلی آن غربی شرقی بوده و از مرکز دشت عبور می نماید. بیشینه نقطه ارتفاعی در قسمت شمال شرقی ارتفاعات کوه میل واقع بوده که برابر ۳۰۳۵ متر می باشد. پست ترین ناحیه در حوالی باتلاق گاوخونی واقع بوده که ۱۴۷۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. مرکز محدوده مورد مطالعه شهر کوهپایه است که در ۸۰ کیلومتری شرق اصفهان واقع شده است. دشت کوهپایه - سگزی دارای آب و هوای خشک و بری است. مجموع سالیانه ریزشهای جوی در سال آبی ۷۲-۷۳ در ایستگاه کوهپایه حدود ۵۴ میلیمتر، در ایستگاه ورزنه ۳۷ میلیمتر، در ایستگاه هریزه جبل ۹۰ میلیمتر و در ایستگاه مهیار ۱۲۶ میلیمتر می باشد.

حداکثر درجه حرارت در سال آبی ۷۲-۷۳ در ایستگاه کوهپایه ۴۰ درجه سانتیگراد و مربوط به ماههای تیر و مرداد و حداقل آن ۹- درجه سانتیگراد و مربوط به اسفند ماه می باشد.

میزان تبخیر ایستگاه فوق برای سالهای ۷۲-۷۳ بطور متوسط ۳۲۳۳ میلیمتر محاسبه گردیده است.

۲-۲- لیتواستراتیگرافی و زمین ساخت

زمین شناسی منطقه را می توان به دو بخش حاشیه ای و دشت تقسیم نمود.

ارتفاعاتی که منطقه مورد مطالعه را از سه طرف شمال، جنوب و غرب احاطه کرده به

ترتیب قدمت به شرح زیر می باشد.

در قسمت‌های شمالی، قدیمیترین بیرون زدگیها متعلق به تریاس بوده که از آهک دولومیتی تشکیل شده است. این رسوبات به سبب مجاورت با توده آذرین، بسیار متراکم و سخت گشته اند. این دولومیتها در حال حاضر استخراج و به مصرف کارخانه ذوب آهن اصفهان میرسد. در بخشهای غربی محدوده، کوههای غیر پیوسته‌ای گسترش یافته که هم زمان با آهکهای نواحی جنوبی می باشد. در قسمت‌های غربی این ارتفاعات، رسوبات شیلی مربوط به ژوراسیک دیده می شود که با آهکهای کرتاسه به صورت دگر شیب قرار دارند. این پدیده تقریباً در بیشتر نقاط اصفهان قابل رویت است.

در نواحی جنوبی، در مجاورت آهکهای کرتاسه، بیرون زدگیهایی از رسوبات مارنی، و ژپس میوسن دیده میشود. توده‌های نفوذی بالا آمده باعث ایجاد گسل بین این توده و سنگهای رسوبی آهکی گردیده و این حالت گسلی در چند جهت وجود دارد که بر روی زمین بخوبی مشخص می باشد. همچنین گسل سرتاسری اسدآباد که در امتداد زاگرس ایجاد شده از این منطقه گذشته است.

سازندهای زمین شناسی متعلق به دوران سوم منطقه بسیار متنوع بوده و در قسمت‌های شمالی از توده‌های خروجی (آندزیت) همراه با مواد آذرین درونی (گرانیت) بوجود آمده است. توده‌های خروجی در دره زفره، در مجاورت آهکهای دولومیتی (تریاس) رخنمون پیدا نموده است. در دره فشارک، توده‌های آذرین درونی از جنس گرانیت قابل مشاهده می باشد. بنظر میرسد این گرانیتها همزمان با گرانیت‌های شیرکوه یزد باشد. بخشهایی از ارتفاعات شمالی منطقه را نهشته‌هایی که به سازند قم موسوم می باشد پوشش میدهد. این نهشته‌ها شامل ماسه سنگ، آهکهای مرجانی، مارن، شیل، همراه با تراورتن‌های فرایند رسوبزائی چشمه‌های آهکساز می باشد.

گسترشهای زمین شناسی دشت مورد مطالعه مربوط به دوران چهارم زمین شناسی بوده که به مخروط افکنه‌ها، واریزهای آذرین، رسوبات رودخانه‌ای، مناطق شور، باتلاقی و ماسه بادی قابل تفکیک می باشند. مخروط افکنه‌ها و واریزه‌ها حاصل فرسایش ارتفاعات آذرین

حواشی دشت بوده که بیشتر در قسمت‌های شمال‌غربی سگزی و همچنین در نواحی جنوبی گسترش یافته‌اند. رسوبات رودخانه‌ای، با گسترش کم، دارای دانه‌بندی مناسب بوده و بیشتر در اطراف زاینده رود بر جای مانده است. مناطق شور و باتلاقی که مسیر کلی آن از شمال غربی بسمت جنوب شرقی می‌باشد از دهانه خروجی منطقه برخوردار شروع شده و پس از عبور از مرکز دشت بسمت گاوخونی ادامه پیدا مینماید.

در این نواحی رسوباتی از قبیل گچ و نمک بحد وفور وجود دارد که در بعضی از نقاط سنگ گچ آن مورد استخراج قرار می‌گیرد.

۲-۳- اثر سازندها بر منابع آبهای زیرزمینی

در قسمت شمال شرقی دشت توده‌های خروجی آندزیت همراه با مواد آذرین درونی گسترش یافته که تاثیر منفی در کیفیت آبهای زیرزمینی ندارد. در این نواحی یا در اراضی کوهپایه، حسین آباد و سگزی، شاخص اشباع حدود ۰/۲ می‌باشد. هدایت الکتریکی در این بخش از دشت ۴۲۷ میکروزیمنس بر سانتیمتر بوده که با رقم کمینه هدایت الکتریکی در گستره دشت برابر است. میزان کلر برابر ۱۸ میلیگرم در لیتر بوده که در نقاط انتخابی این ناحیه از دشت گزارش شده است. در اراضی شمال کوهپایه، رخساره آب سولفات و یا کربنات سدیم می‌باشد. در قسمت‌های شمالی دشت، آهکهای دولومیتی گسترش یافته و شاخص اشباع به ۰/۸ رسیده است. گسترش مارن و ژپس در شمال دشت، کیفیت آبر را تحت تاثیر قرار داده به طوریکه هدایت الکتریکی به ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر رسیده و یون کلر به ۸۸۶ میلیگرم در لیتر افزایش یافته است. شاخص اشباع در ناحیه ورتون حدود یک می‌باشد.

در قسمت جنوب شرقی دشت، نزدیک ورزنه، گچ و نمک موجود در این ناحیه، کیفیت آب را تحت تاثیر قرار داده و املاح محلول آب افزایش چشمگیری یافته و بموازات آن هدایت الکتریکی به ۲۲۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر و یون کلر به ۷۵۱۵ میلیگرم در لیتر رسیده است. رخساره آب در این ناحیه کلرورسدیک می‌باشد. تیپهای شیمیایی سه گانه در سراسر دشت به صورتی گسترش یافته که در مجاورت مناطق تغذیه، بیکربناته و پس از طی مسافتی با انحلال املاح

موجود در لایه‌های زمین به صورت سولفات‌ها موجودیت میابد (نقاط مورد نمونه‌برداری در اطراف زیار و شمال کوهپایه). با ورود به مرکز و جنوب شرقی دشت به علت دانه‌ریز شدن آبرفتها، کاهش سرعت جریان آب زیرزمینی و نزدیک شدن آب به سطح زمین و تأثیر تبخیر، بر میزان شوری آب اضافه شده و تیپ آب کلروره می‌گردد. در این منطقه ۷۷/۱ درصد نمونه‌ها با رخساره هیدروشیمیائی کلروره سدیک مشخص بوده، در حالیکه ۱۲/۵ درصد از رخساره‌های شیمیائی دارای تیپ سولفات و ۱۰/۴ درصد دارای تیپ بیکربناته میباشند. در محدوده شبکه رفتار سنجی، نسبت مجموع مواد محلول آب زیرزمینی به هدایت الکتریکی آن معادل ۰/۷۱ برآورد شده است.

۲-۴- طرز عمل

برای محاسبه pH تعادل آب زیرزمینی در محدوده آبخوان، با استفاده از رقمهای باقیمانده خشک نمونه‌ها اقدام به محاسبه m و d شده و سپس با توجه به این ارقام و مقادیر یونهای بیکربنات و کلسیم محاسبه CT صورت گرفته است جدول (۱).

با حرکت قائم اشلهای جانبی، مولفه‌های افقی منحنیهای سیستم با لگاریتم CT منطبق گردیده و سیستم در همین نقطه ثابت شده است. در مرحله بعد با استفاده از مقادیر محاسبه شده $[A^{2-}]$, $[HA^-]$, $[H_2A]$ شرایط استفاده از بردار عمودی فراهم گردیده و بدین ترتیب pH تعادل و رقم مقایسه‌ای (آنالوژیک) تمایل ناپایداری بر حسب شاخص اشباع آب با توجه به pH حقیقی آب از محور افقی خوانده شده و در ستونهای مربوط جدول اخیر انعکاس یافته است. با توجه به اینکه SI کلیه نمونه‌ها در سمت راست بر دار قائم قرار می‌گیرند. لذا این آبها تنها دارای تمایل رسوبزائی می‌باشند. به منظور امکان مقایسه قابلیت رسوبزائی در سطح آبخوان نسبت به تهیه نقشه شاخص اشباع اقدام گردید.

۲-۵- نتیجه گیری:

روند افزایش قابلیت رسوبزائی در ناحیه کوهپایه و حسین آباد، شمالی - جنوبی و در اراضی سگزی، از جنوب شرق به شمال غرب می‌باشد. شاخص اشباع بزرگتر از یک، در ابتدای

دشت، در نواحی حاجی آباد، شیدان، کاج، جلال آباد، قسمت میانی دشت، نواحی کیش، قلعه بالا، سیان و در انتهای دشت، اراضی سهران، کفرور و بزم گسترش یافته است.

رقمهای بین ۰/۸ تا ۱ در نواحی ورتون و حتم آباد در قسمت شمال غربی دشت و نواحی چم، برسیان، خویا، سریان، قلعه عبدالله قسمت میانی دشت و اراضی ورزنه و قلعه گوشت در قسمت انتهایی دشت قرار دارد.

شاخصهای بین ۰/۶ تا ۰/۸ را میتوان در نواحی رحمت آباد، دشت آسمان، محمدآباد، امامزاده قاسم، زفره، نصرتپه، هدایت آباد مشاهده نمود.

در نواحی فشارک، مشکنان و قائم آباد، دامنه تغییرات شاخص اشباع بین ۰/۴ تا ۰/۶ در نوسان می باشد. پتانسیلهای بین ۰/۲ تا ۰/۴ در کوهپایه، حسین آباد، سگزی و حسن آباد توسعه یافته است.

بهترین شرایط تعادلی با LI کوچکتر از ۰/۲، در نواحی محمدآباد، کلنجان، حسین آباد، دخرآباد، و سور شکل گرفته است.

کانونهای نامتعادل در اراضی حاجی آباد، شیدان، کاج، جلال آباد، قلعه بالا، سیان، سمران، کفرود، بزم، ورتون، حتم، چم، برسیان، خویا، سریان، قلعه عبدالله، ورزنه و قلعه گوشت گسترش یافته است.

حداقل شاخص اشباع آب زیرزمینی در این دشت حدود صفر بوده که در اراضی محمدآباد و کلنجان شکل گرفته و در زمره آبهای دارای تعادل شیمیائی محسوب می شود. رقم بیشینه LI در این دشت برابر ۱/۳۱ است که مربوط به نواحی کفرود می باشد. اینگونه آبها دارای قابلیت رسوبزایی نسبی بیشتری می باشند.

میانگین رقم LI حدود ۰/۶۸ بوده که در نواحی برسیان و چم توسعه پیدا نموده است.

با توجه به مطالب فوق الذکر میتوان به این نتیجه رسید که در اراضی با شاخص اشباع بزرگتر از یک واحد لانژلیه قابلیت های رسوبزایی بالا بوده و استفاده از آب زیرزمینی در سیستمهای آبرسانی مالا منجر به کاهش بازدهی و طول عمر مفید سیستمها می گردد. در بخشهایی از دشت که آب زیرزمینی دارای بهترین شرایط تعادلی می باشد اثر آب بر تأسیسات

صنعتی به ویژه منابع ذخیره آب به حداقل کاهش یافته و افزایش عمر مفید آنها را به دنبال خواهد داشت. بنابراین این مطالعات اخیر در مکانیابی نقاط برای استحصال آب زیرزمینی قابل استفاده بوده و می‌تواند از طریق محل چاه در نقاط نامناسب جلوگیری نماید.

