

بررسی هیدروژئوشیمیایی و سکناس تکامل آنیونی در آبخوان های آبرفتی مجاور هامون جازموریان

محمد حسن حیدریان^۱، عبدالرضا کابلی^۲، نعمت الله دهبندی^۳
^۱کارشناس دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت آب منطقه ای تهران،
^۲کارشناس دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت آب منطقه ای گلستان،
^۳کارشناس دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت مدیریت منابع آب ایران،
تهران، بلوار کشاورز-خیابان حجاب-تلفن: ۸۱۷۵۲۱۵۱-صندوق پستی: ۱۱۶-۱۱۱۵۵
Gwtam0@yahoo.com

چکیده

بر پایه نتایج آنالیز شیمیایی تعداد ۱۰۰ نمونه آب برداشتی از آبخوان های آبرفتی مجاور هامون جازموریان میزان کل جامدات محلول بین ۱۹۳ تا ۴۰۴۳ میلی گرم در لیتر متغیر و متوسط آن ۱۴۲۰ میلی گرم در لیتر است. داده های هیدروژئوشیمیایی در این منطقه مشخص کننده الگوی هیدروژئوشیمیایی قابل برجسته ای منطبق بر جهت جریان آب زیرزمینی است. در نواحی تغذیه بعلت تحت اشباع بودن آب نسبت به کلسیت و دولومیت و انحلال کانی های مذکور، بیکربنات آنیون غالب آب زیرزمینی است که به سمت مرکز دشت بواسطه افزایش مسیر جریان و پدیده مخلوط شدگی تیپ آب زیرزمینی سولفات شده و در اراضی مرکزی دشت و اطراف هامون جازموریان بواسطه طولانی شدن مسیر جریان، بسته بودن حوضه هیدروژئولوژی و زمان ماندگاری بالا، کلراید آنیون غالب آب زیرزمینی می گردد. بر اساس نمودار دورو کاتیون غالب آب زیرزمینی در کلیه نمونه های آب برداشتی سدیم است که این امر بعلت تبدیل فلدسپاتها به کائولونیت و مونت موریلونیت در نواحی تغذیه ای و تبادل کاتیونی در اراضی میاندشتی و اطراف هامون جازموریان است. نقشه ها و نمودارهای کیفی نمایانگر هجوم آب شور به آبخوان آبرفتی واقع در غرب هامون جازموریان است.

کلمات کلیدی: تبادل کاتیونی، تکامل آنیونی، هامون جازموریان، هجوم آب شور

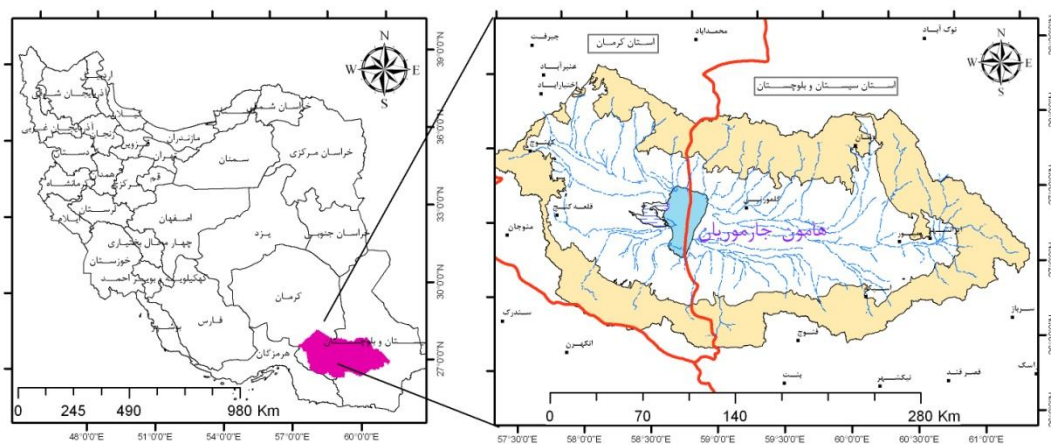
مقدمه

بین ترکیب شیمیایی و روند جریان آب زیرزمینی روابط گسترده ای وجود دارد و کیفیت آب زیرزمینی در ارتباط با رژیم های هیدروژئولوژیکی و نوع سیستم جریان زیرزمینی می باشد. بر اساس تئوری و مشاهدات صحرایی در راستای جهت جریان آب زیرزمینی از ناحیه تغذیه به سمت ناحیه تخلیه میزان کل جامدات محلول در آب زیرزمینی، نسبت Cl/HCO_3 و Cl/SO_4 افزایش می یابد. در سیستمهایی با جریان آب زیرزمینی محلی میزان کل جامدات محلول پایین بوده و درصد یونهای Ca, HCO_3 و Mg بالا است و در سیستمهای حد واسط میزان کل جامدات محلول در حدواسط بوده و درصد یونهای Cl, SO_4 و Na بالا می باشد. در سیستمهای ناحیه ای نسبت به سیستمهای محلی و حدواسط میزان کل جامدات محلول و یونهای Na و Cl بالا می باشد. پیچیدگی موجود در سیستم های ناحیه ای آب زیرزمینی بعلت عوامل متعددی همچون تحرک یون ها، فشار، درجه حرارت، سطح تماس بین آب و خاک، زمان تماس، طول مسیر جریان، مقدار و توزیع نمکهای محلول در سنگ و کیفیت اولیه آب است (Appelo, et al., 1993). پژوهشگران مختلفی روبرو بین شیمی آب زیرزمینی، محیط هیدروژئولوژی و جریان آب زیرزمینی را بررسی کرده اند

که از آن جمله می‌توان به (Chebotarev, 1955)، (Ophori, et al., 1989)، (Jamshidzadeh, et al., 2011) و ... اشاره نمود. هدف از این مقاله ارزیابی هیدروژئوشیمیایی، آشکار نمودن فرایندهای اصلی موثر بر هیدروژئوشیمی منطقه و بررسی سکناس تکاملی آنیونی و کاتیونی موجود در آب زیرزمینی آبخوان‌های آبرفتی مجاور هامون جازموریان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی $26^{\circ}32'$ تا $28^{\circ}05'$ عرض شمالی و $57^{\circ}30'$ تا $60^{\circ}33'$ طول شرقی، در دو استان کرمان و سیستان و بلوچستان واقع شده است (شکل ۱). متوسط بارش منطقه مورد مطالعه ۱۰۶ میلیمتر در سال است و به دلیل شرایط اقلیمی ویژه، در بیشتر مواقع سال، بخش اعظم هامون جازموریان به کف نمکی و کف‌های رسی تبدیل می‌شود. رود بمپور (از شرق) و هلیل‌رود (از غرب) از مهمترین رودهای ملحق شده به هامون جازموریان می‌باشند. با توجه به پایین بودن میزان بارش در منطقه کلیه نیازهای آبی موجود در منطقه از منابع آب زیرزمینی تامین می‌گردد. از لحاظ هیدروژئولوژی منطقه مورد مطالعه یک حوزه بسته، آبخوان آبرفتی موجود در منطقه از نوع آزاد، جهت جریان آب زیرزمینی تابع شیب توپوگرافی سطح زمین از ارتفاعات به سمت هامون جازموریان، منطقه تخلیه آبخوان آبرفتی منطبق بر هامون جازموریان و منطقه تغذیه آن منطبق بر حد کوه و دشت است. عمق سطح آب زیرزمینی در نواحی تغذیه ای آب زیرزمینی بیش از ۵۰ متر است که به سمت هامون کاهش یافته و در اطراف هامون به کمتر از ۵ متر می‌رسد. همچنین بهره برداری بی رویه از منابع آب زیرزمینی در منطقه باعث افت سطح آب زیرزمینی گردیده است که میزان افت سطح آب در آبخوانهای آبرفتی واقع در غرب هامون بیشتر از آبخوان‌های آبرفتی واقع در شرق هامون است. سنگهای رخنمون یافته در ارتفاعات مشرف بر منطقه عمدتاً از سنگهای آذرین، رسوبی تخریبی و دگرگونی است و سنگهای کربناته دارای گسترش محدودی در منطقه مذکور می‌باشند (شرکت آب منطقه ای کرمان، ۱۳۸۸).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

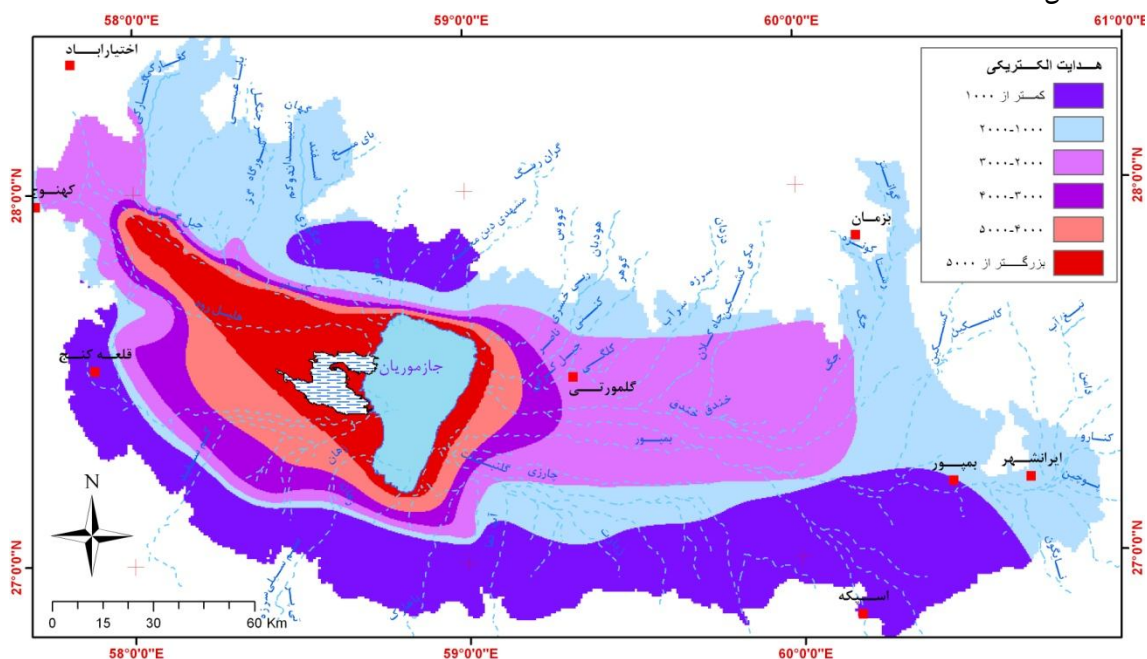
بمنظور انجام بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی در آبخوان‌های آبرفتی مجاور هامون جازموریان در مهر ماه سال ۱۳۹۰ تعداد ۱۰۰ نمونه آب از چاههای بهره برداری محفوره در سطح منطقه برداشت گردید و جهت آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه امور منابع آب شرکت‌های آب منطقه ای کرمان و سیستان و بلوچستان ارسال گردید. یونهای کلراید، بی کربنات، کربنات، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون، کاتیون‌های سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتر، کل جامدات محلول به روش وزنی و هدایت الکتریکی و PH با دستگاههای مربوطه در آزمایشگاه اندازه گیری شده‌اند.

سپس نمودارهای کیفی با بهره‌گیری از نرم افزارهای Hydrochem و AQqa و نقشه‌های کیفی با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10 ترسیم و شاخص‌های اشباع با استفاده از نرم افزار PHREEQC V.2 محاسبه گردیده و تفسیرهای مربوطه صورت گرفته است.

نتایج و بحث

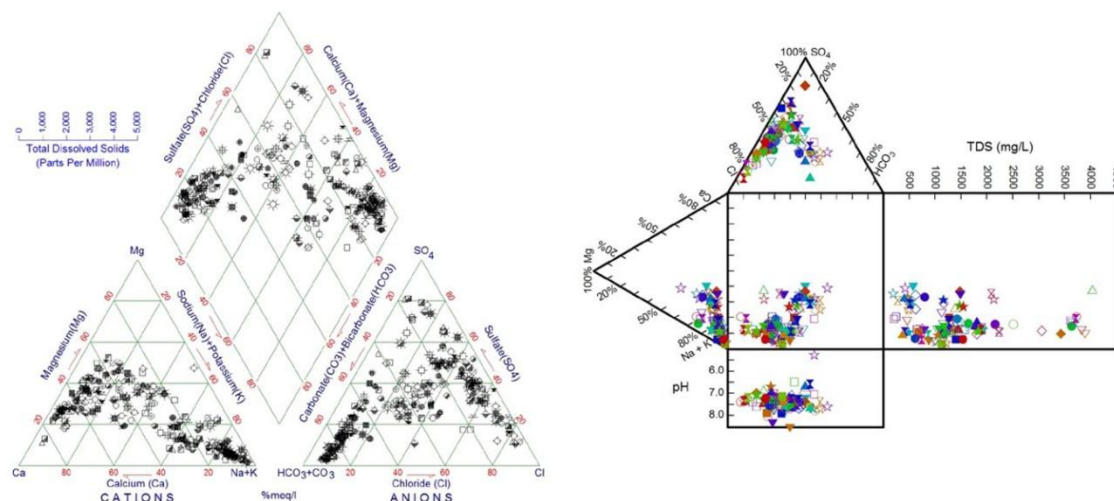
آب زیرزمینی حلالی است که در تماس با مواد مختلف زمین بوده و حاوی کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول است. میزان حلالیت مواد در آب زیرزمینی تحت تأثیر زمان تماس آب با محیط اطراف و عوامل متعددی مثل وجود اکسیژن و یا انیدریدکربنیک و سایر گازها در آب می‌باشد. واکنش‌های متعددی در منطقه غیراشباع صورت می‌گیرد که مهمترین آنها واکنش‌های اسید ضعیف - بازقوی، انحلال نمک‌های قابل حل، واکنش‌های احیایی و تبادل کاتیونی است (Domenico, et al., 1990).

بر پایه‌های داده‌های هیدروشیمیایی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی آبخوان‌های آبرفتی مجاور هامون جازموریان بین ۳۹۲ تا ۶۲۹۰ میکرومهموس بر سانتیمتر متغیر است که معادل باقیمانده خشک ۱۹۳ تا ۴۰۴۳ میلی گرم در لیتر است. مقدار PH آب زیرزمینی بین ۵/۳ تا ۸/۵ متغیر است و متوسط آن در سطح منطقه ۷/۴ است. میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در حاشیه ارتفاعات مشرف بر دشت کمتر از ۱۰۰۰ میکرومهموس بر سانتیمتر است که به سمت مرکز دشت افزایش یافته و در اراضی اطراف هامون جازموریان به بیش از ۶۰۰۰ میکرومهموس بر سانتیمتر افزایش می‌یابد. در آبخوان‌های آبرفتی واقع در شمال و جنوب هامون بواسطه کوتاه بودن مسیر جریان نسبت به آبخوان‌های آبرفتی واقع در غرب و شرق هامون نواحی با هدایت الکتریکی بیش از ۳۰۰۰ میکرومهموس بر سانتیمتر دارای گسترش کمتری است. همچنین بعلافت شدید سطح آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی واقع در غرب هامون (دشت کهنوج) نسبت به آبخوان آبرفتی واقع در شرق هامون (دشت ایرانشهر) میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در نیمه غربی هامون نسبت به نیمه شرقی بیشتر است که نمایانگر نفوذ جبهه آب شور هامون جازموریان به داخل آبخوان آبرفتی کهنوج است (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه هم هدایت الکتریکی آب زیرزمینی آبخوان‌های آبرفتی مجاور هامون جازموریان (میکرومهموس بر سانتیمتر)

بر اساس دیاگرام دورو، سدیم کاتیون غالب آب زیرزمینی در کلیه نمونه های آب برداشتی در منطقه مورد مطالعه است و در مثلث آنیون های نمودار پایپر نمونه ها از راس بی کربنات به سمت ضلع سولفات -کلراید حرکت کرده و در ضلع مذکور تمرکز آنها بیشتر در راس کلراید بوده که نشان از وجود هر سه تیپ آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه است. در دیاگرام پایپر نمونه های مربوط به نواحی تغذیه ای آب زیرزمینی در گوشه چپ چهار ضلعی، نمونه های برداشتی از اراضی میاندشتی در مرکز چهار ضلعی و نمونه های مربوط به اراضی پیرامون هامون جازموریان در گوشه راست چهار ضلعی قرار گرفته اند. همچنین چند نمونه در نیمه بالای چهار ضلعی مذکور قرار گرفته اند که این نمونه ها مربوط به اراضی غربی هامون بوده و نمایانگر هجوم آب شور هامون جازموریان بدخل آبخوان آبرفتی است (شکل ۳).



شکل ۳: نمودار دورو (سمت راست) و پایپر (سمت چپ) نمونه های آب برداشتی از آبخوان های آبرفتی مجاور هامون جازموریان

از ۱۰۰ نمونه آب برداشتی در سطح منطقه مورد مطالعه در ۱۰ نمونه بی کربنات، ۳۶ نمونه سولفات و در ۵۴ نمونه کلراید آنیون غالب آب زیرزمینی است. در نمونه های با تیپ بی کربنات و کلروره بیشترین ضریب همبستگی بین آنیون ها و هدایت الکتریکی مربوط به آنیون کلراید و در تیپ سولفات مربوط به آنیون سولفات است. در هر سه تیپ مذکور بیشترین ضریب همبستگی بین هدایت الکتریکی و کاتیون ها مربوط به کاتیون سدیم است (جدول ۱).

جدول ۱- روابط و ضرایب همبستگی بین هدایت الکتریکی و کاتیون ها و آنیون های اصلی در نمونه های آب برداشتی

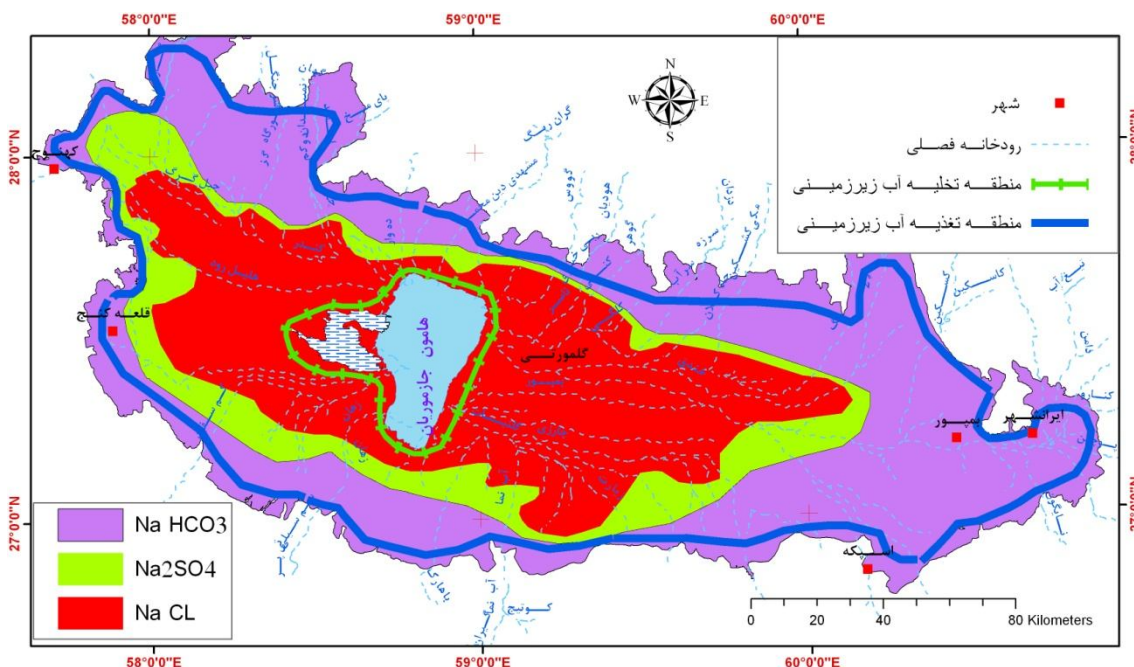
تیپ آب	ضریب همبستگی	رابطه همبستگی	تیپ آب	ضریب همبستگی	رابطه همبستگی	تیپ آب	ضریب همبستگی	رابطه همبستگی
کلروره (۵۴)	96.41	$TDS = 0.662 EC - 78.912$	سولفات (۳۶)	99.6	$TDS = 0.666 EC - 66.491$	بی کربنات (۱۰)	100	$TDS = 0.65 EC + 0.242$
	53.19	$Ca = 0.00111 EC + 0.185$		35.06	$Ca = 0.00092 EC + 0.682$		3.38	$Ca = 0.00007 EC + 1.665$
	66.78	$Mg = 0.00116 EC - 0.622$		65.93	$Mg = 0.00099 EC - 0.347$		-16.28	$Mg = -0.00042 EC + 1.501$
	98.03	$Na = 0.00828 EC - 0.751$		96.52	$Na = 0.00931 EC - 2.257$		94.88	$Na = 0.01092 EC - 3.307$
	47.27	$HCO_3 = 0.00046 EC + 1.072$		65.2	$HCO_3 = 0.00174 EC - 0.458$		25.87	$HCO_3 = 0.00058 EC + 2.681$
	92.13	$Cl = 0.00702 EC - 2.629$		89.53	$Cl = 0.00361 EC - 0.249$		96.46	$Cl = 0.00497 EC - 1.174$
	74.97	$SO_4 = 0.00307 EC + 0.561$		92.39	$SO_4 = 0.00583 EC - 1.035$		88.38	$SO_4 = 0.00502 EC - 1.648$

میزان کل جامدات محلول و غلظت یون‌های موجود در آب زیرزمینی با افزایش مسافت طی شده و زمان ماندگاری افزایش یافته و از لحاظ شیمیایی آب زیرزمینی تمایل دارد به سمت ترکیب آب دریا تکامل نماید. این تکامل معمولاً به وسیله تغییرات ناحیه‌ای در ترکیبات آنیونی غالب به صورت زیر همراه می‌باشد (Chebotarev, 1955).

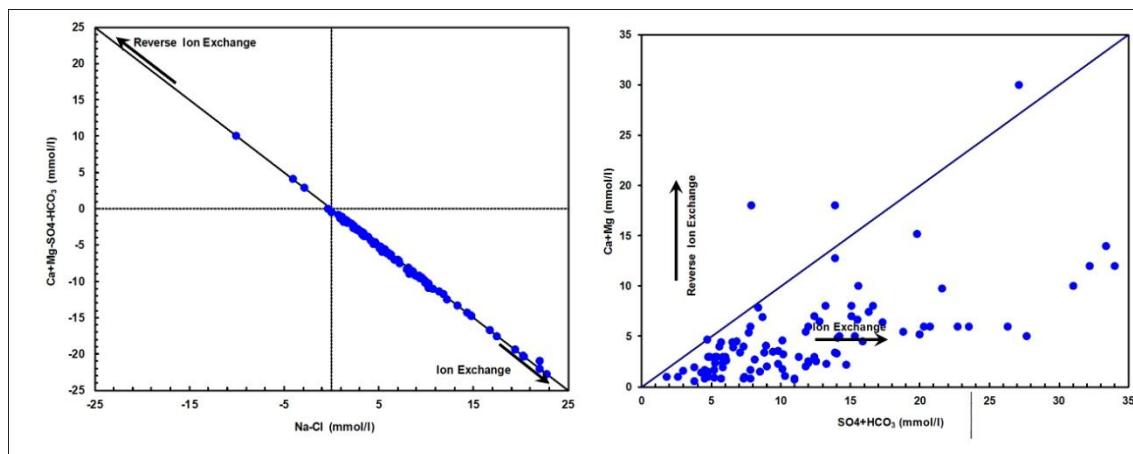
حرکت در طول مسیر جریان - افزایش زمان ماندگاری



در نواحی تغذیه ای آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه که منطبق بر حد کوه و دشت است فشارهای جزئی CO_2 تولید شده در منطقه خاک بالا، شاخص‌های اشباع کلسیت و دولومیت منفی و لذا قابلیت انحلال کلسیت و دولومیت به میزان قابل ملاحظه‌ای در این نواحی وجود دارد و انحلال کانی‌های مذکور در آب زیرزمینی غنی از CO_2 موجب غالب شدن آنیون بی‌کربنات در نواحی تغذیه‌ای شده است. با حرکت به سمت مرکز منطقه بدلیل افزایش مسیر جریان و افزایش واکنش آب با رسوبات آبرفتی و وقوع پدیده اختلاط آب زیرزمینی با آب برگشتی زراعی و شرب در اراضی میان دشتی سولفات آنیون غالب آب زیرزمینی است. با حرکت به سمت هامون بواسطه طولانی شدن مسیر جریان، بسته بودن حوضه هیدروژئولوژی و زمان ماندگاری طولانی آبهای زیرزمینی در اطراف هامون جازموریان کلراید آنیون غالب آب زیرزمینی است (شکل ۴). بر خلاف سکانس تکاملی آنیونی که در منطقه مورد مطالعه بصورت برجسته آشکار است، سکانس تکاملی کاتیونی در این منطقه وجود ندارد. از عوامل موثر در تغییر و یا معکوس شدن سکانس تکاملی کاتیونی فرایند تبادل کاتیونی (Freeze, et al., 1979) و در سنگهای آذرین واکنش‌های تبدیل فلدسپاتها به کائولونیت و مونت موریلونیت (Feth, et al., 1964) است. با توجه به رخنمون سنگهای آذرین در ارتفاعات مشرف بر منطقه مورد مطالعه در اراضی تغذیه ای آب زیرزمینی واکنش‌های تبدیل فلدسپاتها به کائولونیت و مونت‌موریلونیت به‌همراه فرایند تبادل کاتیونی و در سایر نقاط منطقه فرایند تبادل کاتیونی باعث غالب شدن کاتیون سدیم در آب زیرزمینی گردیده است (شکل ۵).



شکل ۴: پهنه بندی تیپ آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی مجاور هامون جازموریان



شکل ۵: نمودار ترکیبی آنیون‌های سولفات و بی‌کربنات با کاتیون‌های کلسیم و منیزیم (سمت راست) و یون‌های سدیم و کلر با یون‌های کلسیم، منیزیم، سولفات و بی‌کربنات (سمت چپ) در آبخوان‌های آبرفتی مجاور هامون جازموریان.

منابع

- شرکت آب منطقه ای کرمان، ۱۳۸۸، گزارش تهیه بیلان آب در سطح حوزه آبریز هامون جازموریان، دفتر مطالعات پایه منابع آب.
- Alley, W.M., 1993, Regional Ground-Water Quality, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Appelo, C.A.J., and Postma, D., 1993, Geochemistry, Groundwater and Pollution, Brookfield, Vermont: Balkema.
- Chebotarev, I.I., 1955, Metamorphism of natural waters in the crust of weathering, Geochemistry et Cosmochimica Acta, 8, 22-48.
- Domenico, P.A., and Schwartz, F.W., 1990, Physical and Chemical Hydrogeology, John Wiley, New York.
- Feth, J.H., Roberson, C.E., and Polzer, W.L., 1964, Source of mineral constituents in water from Granitic rocks sierranevada, california and nevada, Geochemistry of Groundwater, U.S. Government printing office.
- Freeze, R.A., and Cherry, J.A., 1979, Groundwater, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Jamshidzadeh, Z., Mirbagheri, S.A., 2011, Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran, Desalination 270 (2011) 23-30.
- Ophori, D.U., Toth, J., 1989, Patterns of groundwater chemistry, Ross Greek Basin, Alberta, Canada., Journal of Groundwater.