تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال سیزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶
Volume 13, No. 4, Winter 2018 (IR-WRR)
۱۹۶-۲۰۲

یادداشت فنی

تعیین منشأ شوری آب در چشمه گرو و تاقدیس آسماری با استفاده از پارامترهای هیدروشیمیایی

منوچهر چیت‌سازان[۱*]، سحر شاچری[۲]، سیدیحیی میرزایی[۳] و سیدطارق عبودی[۴]

چکیده

امروزه شور شدن آب‌ها یکی از تهدیدهای بسیار جدی در آلودگی آب‌های زیرزمینی در بسیاری از کشورها ازجمله ایران به شمار می‌آید. چشمه گرو در شرق استان خوزستان یکی از چشمه‌های شور موجود در پهنه زاگرس است. در این مقاله، با توجه به بررسی‌های صحرایی، منابع احتمالی شوری در منطقه انحلال سازند تبخیری گچساران و شورابه‌های میادین نفتی مشخص شده است. جهت تفکیک خصوصیات هیدروشیمیایی و منشأهای مختلف شوری آب در چشمه گرو و آبخوان کارستی آسماری در بهمن و شهریورماه ۹۴-۹۳، ۲۰ نمونه به‌منظور تعیین عناصر اصلی و ۱۷ نمونه برای تعیین Br از منابع آب سطحی و زیرزمینی جمع‌آوری می‌گردد و مورد آنالیز شیمیایی قرار می‌گیرد. دیاگرام‌های ترکیبی بیکربنات در برابر کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات، نسبت Br/Cl و TDI در برابر کلر به‌عنوان بهترین معیارهای تفکیک منشأهای مختلف شوری در منطقه شناخته شد و مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس این نتایج، علت اصلی شوری چشمه گرو و تاقدیس آسماری در فصل مرطوب ورود حجم بالای آب رودخانه تمبی و در فصل خشک اختلاط با شورابه‌های نفتی می‌باشد.

کلمات کلیدی: چشمه گرو، منشأ شوری، سازند گچساران، شورابه نفتی، نسبت یونی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۳/۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۳/۳۰

۱- استاد آب‌شناسی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- کارشناسی ارشد آب‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- استادیار آب‌شناسی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۴- دانشجوی دکتری آب‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان خرداد ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

Technical Note

Determining the Salinity Sources in Garu Springs and Asmari Anticline using Hydrochemical Parameters

M. Chitsazan[1], S. Shacheri[2], S.Y. Mirzaei[3] and S.T. Aboudi[4]*

Abstract

The salinity of fresh water is one of the serious contamination threat of groundwater in many countries. Garu Spring in the East of Khuzestan province is one of the salty springs in the Zagros zone. Based on field investigations, possible sources of salinity in the region include dissolution of Gachsaran evaporative formation and oilfield brines. To identify the source of salinization in the study area, two sets of samples (20 and 17 samples) were taken from groundwater and surface water resources in February and September 2015 in order to determine respectively the main elements and Br. Combination diagrams of bicarbonate against calcium, magnesium, sodium, sulfate, and the ratio of Br/ Cl and TDI against chlorine were used as the best distinction between various origins of the salinity in the area. The results show that the main reason for salinity is influx of high volume of Temby river water in wet seasons and mixing with oil brines in dry seasons.

Keywords: Garu Spring, Identification of Salinity Source, Gachsaran Formation, Oil Field Brines, Ionic Ratio.

Received: May 22, 2017
Accepted: June 20, 2017

1- Professor, Department of Geology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: Chitsazan.mc@gmail.com
2- MSc. Student, Department of Geology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3- Assistant Professor, Department of Geology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4- PhD Student, Department of Geology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده آب شیرین در ایران محسوب می‌شود. از آنجا که آب‌های زیرزمینی محدودند؛ لذا تعیین منشأ شوری آب زیرزمینی به‌منظور حفظ و مدیریت این منابع عظیم بسیار حائز اهمیت است. عوامل شوری آب زیرزمینی می‌تواند ناشی از ۱- آب‌های زیرزمینی طبیعی شور، ۲- انحلال کانی‌های تبخیری در آب، ۳- نفوذ آب دریا به آب‌های شیرین، ۴- وارد شدن شورابه‌های نفتی و گازی به آب‌های زیرزمینی و ۵- نمک‌های بکار رفته برای ذوب برف جاده‌ها باشد. مطالعات متعددی در رابطه با منشأ شوری صورت گرفته است. Ayers et al. (2016) با استفاده از تکنیک‌های ژئوشیمیایی منشأ شوری آب زیرزمینی جنوب غربی بنگلادش را حاصل از جذر و مد دانسته‌اند. Rezaei et al. (2009) منشأ شوری منطقه دشت کرمان را با استفاده از دیاگرام ترکیبی و اندیس اشباع، حاصل از تأثیر عوامل لیتولوژی و فرآیند انحلال هالیت دانستند. Zarei et al. (2012) با استفاده از تکنیک‌های هیدروشیمیایی و ایزوتوپ در گنبد نمکی کنار سیاه عامل اصلی منشأ شوری را انحلال هالیت تشخیص دادند، و Nzibavuga Nyarubakula Muzuka et al. (2017) شور شدن آب پشت سد Hombolo در تانزانیا را حاصل لیتولوژی و حوضه رودخانه Kinyasungwe دانسته‌اند. علاوه بر آن، میتوان تحقیقات متعددی پیرامون کنترل شوری انجام شده که میتوان به کنترل شوری در خور رودخانه‌ای اروند اشاره کرد (Etemad Shahidi et al., 2011).

با توجه به وضعیت عمومی منطقه و شواهد موجود در مشاهدات صحرایی دو عامل اصلی می‌تواند باعث کاهش کیفیت و شوری شدید آب چشمه گرو گردد، این منابع عبارت‌اند از: انحلال سازند گچساران (میان لایه‌های هالیتی و ژیپسی) در مجاورت سازند آسماری و اختلاط شورابه‌های عمیق. هدف از انجام این تحقیق بررسی منشأ شوری آب زیرزمینی با استفاده از مطالعات هیدروشیمیایی و ترسیم دیاگرام‌های ترکیبی دومتغیره است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه پژوهش

منطقه گلگیر با مساحتی ۱۷۰ کیلومترمربع، بین طول جغرافیایی ″۲۰ ′۴۳ °۴۹ تا ″۲۰ ′۲۵ °۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی ″۳۸ ′۴۸ °۳۱ تا ″۱۷ ′۳۶ °۳۱ شمالی، جنوب شرق مسجدسلیمان، شمال شرق اهواز و در حوضه کارون میانی واقع‌شده است. این منطقه از نظر جایگاه زمین‌شناسی بخشی از زاگرس چین‌خورده است که در بخش فروافتادگی دزفول قرارگرفته است. تاقدیس دو سو مایل آسماری، با رخنمون بسیار گسترده آهک‌های سازند آسماری، به‌صورت رشته‌کوه مرتفعی در قسمت شرق دشت گلگیر قرار دارد. سازند پابده با سن ائوسن–الیگوسن قدیمی‌ترین سازندی است که در منطقه رخنمون دارد و بر روی آن، به ترتیب سازند آهکی آسماری، سازند گچی و مارنی گچساران، سازند آهکی- مارنی میشان، سازند ماسه‌سنگی- مارنی آغاجری همراه با بخش لهبری، سازند کنگلومرایی بختیاری و درنهایت نهشته‌های کواترنری قرار می‌گیرند (شکل ۱).

۲-۲- نمونه‌برداری

به‌منظور بررسی روند تکاملی آب و تشخیص فرآیندهای مؤثر بر شوری آبخوان تاقدیس آسماری و چشمه گرو، از نتایج آنالیز شیمیایی ۲۰ نمونه آب دهانه‌های مختلف چشمه گرو و پیزومترهای تاقدیس آسماری در دو فصل مرطوب و خشک جهت آنالیز عناصر اصلی، ۱۷ نمونه جهت آنالیز عنصر برم استفاده گردید. نمونه‌های آب در بطری‌های پلی‌اتیلنی به حجم ml ۲۵۰ کاملاً تمیز شده بودند، نگهداری شد. میزان هدایت الکتریکی (EC)، pH و دمای آب با استفاده از دستگاه Hach HQ40 و موقعیت مکان‌های نمونه‌برداری توسط GPS در محل ثبت شد. قبل از آنالیز، نمونه‌های آب توسط کاغذ صافی ۴۵ μm فیلتر شده بود. میزان کاتیون‌ها و آنیون‌ها نیز با روش یون کروماتوگرافی، بی‌کربنات نیز به روش تیتراسیون پتانسیومتری، برم به روش اسپکتوفتومتر در آزمایشگاه آب دانشگاه شهید چمران اندازه‌گیری گردید، میزان TOC نیز توسط دستگاه Shimadzu-v-csh به روش اکسیداسیون کاتالیتیکی در سازمان محیط‌زیست کل استان خوزستان اندازه‌گیری شد. مشخصه آماری نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است.

۳- نتایج

نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه (شکل ۲) نشان‌دهنده آن است که در چشمه گرو و پیزومتر AS3 آنیون غالب کلر و کاتیون غالب سدیم می‌باشد؛ به‌عبارت‌دیگر، تیپ آب‌های چشمه گرو در هر دو فصل، کلروره سدیک و پیزومتر AS2 و AS3 به ترتیب سولفاته کلسیک، کلروره سدیک در فصل مرطوب و در فصل خشک کلروره کلسیک و سولفاته سدیک می‌باشد. میزان کلر در پیزومترهای EXP-AS2 و P-AS2 کمتر از ۴۰۰ میلی‌گرم است، بنابراین، جزء آب‌های شیرین به‌حساب می‌آیند. نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه در دیاگرام SO_4– Cl پیشنهادی Mast (1982) (شکل ۳) نشان‌دهنده آن است که در فصل مرطوب، نمونه‌ها بر روی خط اختلاط دو منشأ (هالیتی و آب

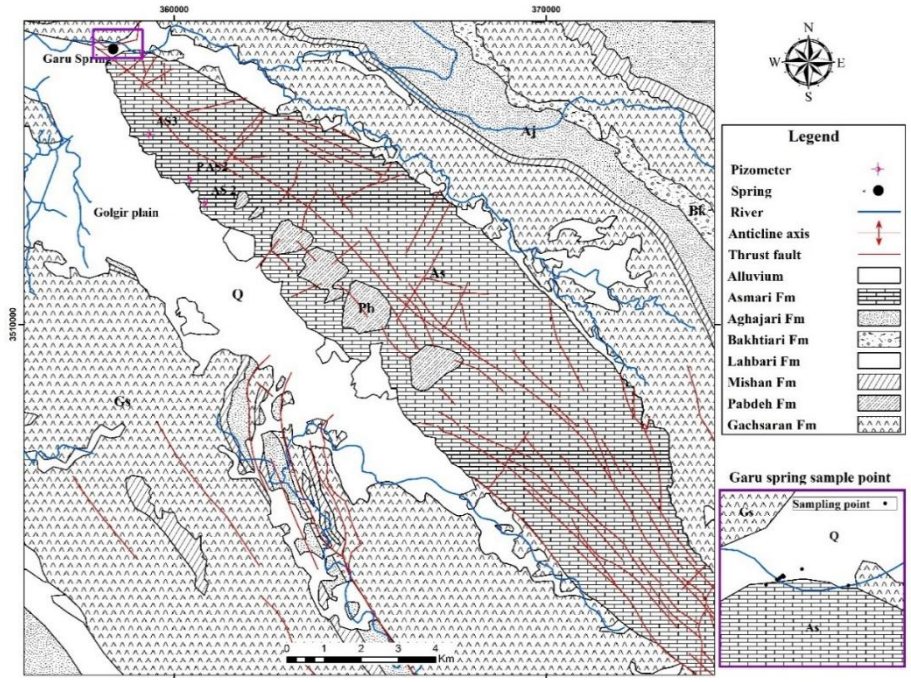

Fig 1- Geological map of region

شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه

Table 1- Statistical characteristics of the samples from the study area

جدول ۱- مشخصه‌های آماری نمونه‌های منطقه

Parameters	EC	T.D.S.	pH	Mg/l							Na/Cl	Br/Cl
				Ca	Mg	Na	K	HCO^-_3	Cl	SO_4^{-2}		
number of samples	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Arithmetic mean	3245.1	1947.1	7.2	223.2	48	552	9.5	210.5	826.7	510.7	0.62	90.1
SD	1544.3	926.6	0.25	100.6	20.2	298.5	4.7	66.2	396.7	451.4	0.2	101.1
CV (percent)	0.48	0.48	0.03	0.45	0.42	0.54	0.49	0.31	0.45	0.88	0.33	1.1
Maximum	5180	3108	7.8	418.2	84.69	978.1	24.5	317.3	1341	1302	1.14	286.4
Minimum	514	308.4	6.9	78.5	20.7	38.5	2.7	63.5	42.8	11	0.24	1.15
Variations	4667	2800.6	2	340.7	65	949.6	22.8	254.8	1299.2	1292	1.9	286.2

شیرین کارست) و در فصل خشک نمونه‌ها در منطقه سه منشأ واقع شده‌اند. سهم ورودی آب رودخانه به چشمه گرو نسبت به آب شیرین کارست بیشتر است. در فصل خشک، هرچند که دبی آب چشمه در فصل مرطوب افزایش می‌یابد؛ اما نسبت آب رودخانه به آب شیرین کارست نیز در این فصل افزایش‌یافته و باعث شوری آب چشمه می‌شود؛ اما شوری حاصل از ورود حجم ثابت شورابه نفتی به چشمه در فصل مرطوب به دلیل رقیق‌شدگی به‌خوبی قابل‌تشخیص نیست. به همین دلیل نمونه‌ها در فصل مرطوب بر روی خط اختلاط دو منشأ (هالیتی و آب شیرین کارست) قرار می‌گیرد. در فصل خشک به دلیل کاهش نسبت ورودی رودخانه به آب شیرین کارست، حجم ثابت شورابه نفتی اثر خود را به‌خوبی نشان می‌دهد. نمونه‌ها در فصل خشک در منطقه سه منشایی قرار می‌گیرند.

از نمودار و نسبت Cl/Br به کلر، برای تعیین نوع اختلاط شورابه منطقه استفاده شد (Leonard & Ward, 1962; Freeman, 2007) (شکل ۴). مطابق شکل ۴، نمونه‌ها به‌خوبی اختلاط چشمه و پیزومتر تاقدیس آسماری به شوری حاصل از انحلال هالیت در فصل مرطوب و شورابه میادین نفتی در فصل خشک را نشان می‌دهد.

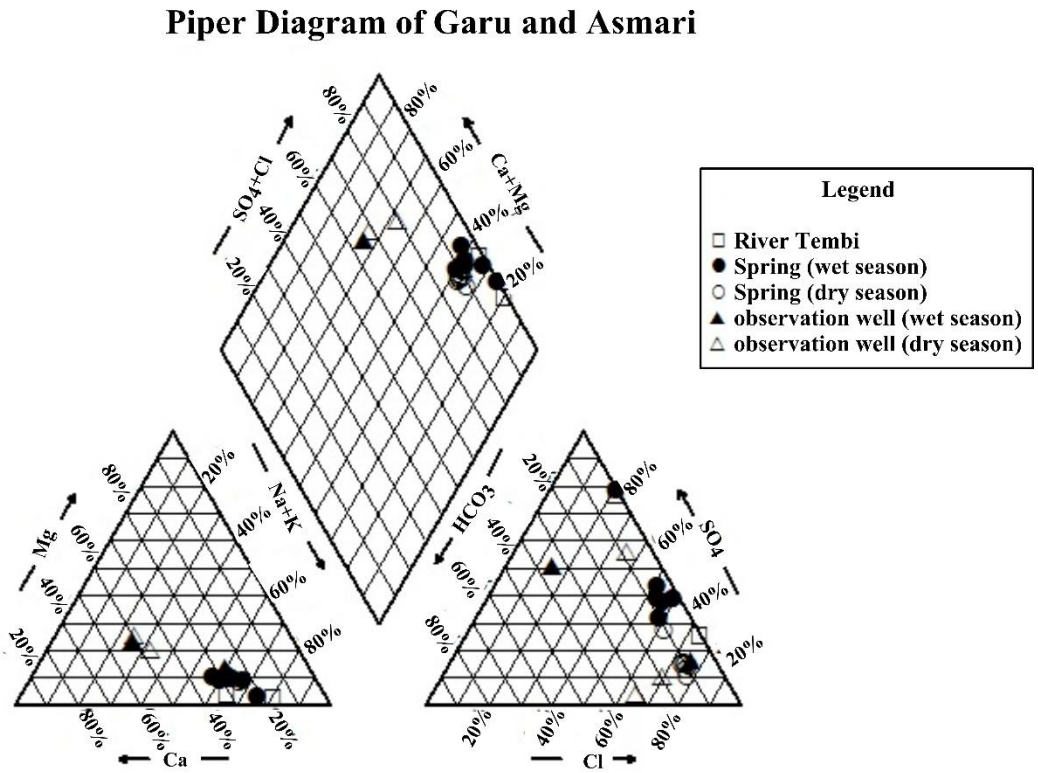

Fig. 2– Piper Diagram for samples from wet and dry periods

شکل ۲- نمودار پایپر نمونه‌های دوره مرطوب و خشک

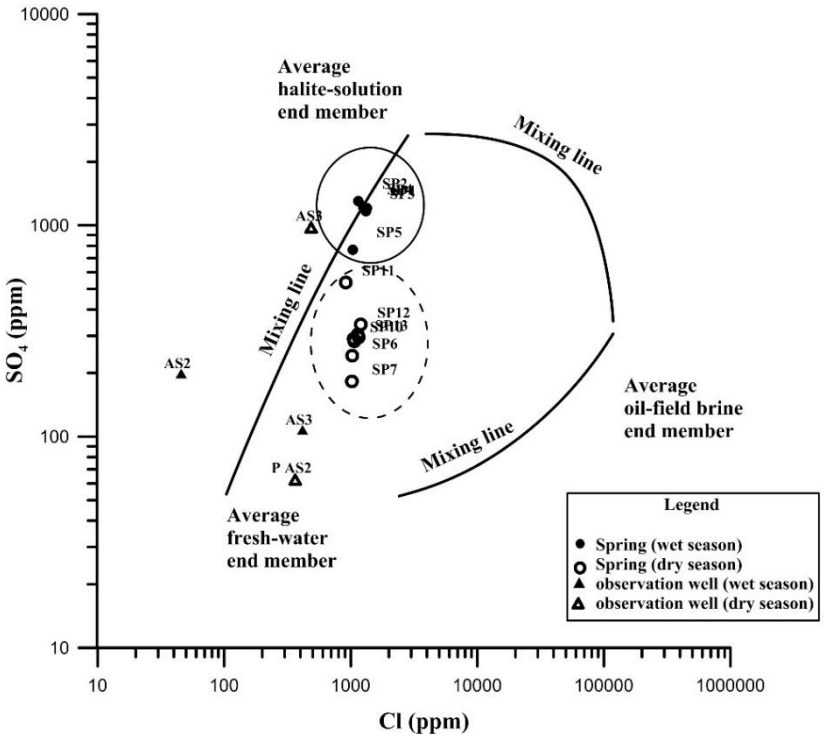

Fig. 3- The mixing diagram to distinguish fresh water from salty water (Mast, 1982)

شکل ۳- نمودار اختلاط برای تمایز آب شیرین از شور (Mast, 1982)

با بررسی تغییرات غلظت (شکل ۵)، با افزایش TDI[۱]، غلظت کلرید به‌طور خطی افزایش می‌یابد (شکل ۵–b). همچنین، انطباق مناسبی بین یون سدیم و کلر وجود دارد. رابطه بین یون سدیم و کلر و الگوی خطی نمودار سدیم در مقابل TDI (شکل ۵–a) همگی نشان می‌دهند که انحلال هالیت بخصوص در فصل مرطوب نقش مهمی در تأمین یون سدیم محلول در آب دارد.

برای تشخیص منشأ مواد محلول در آب چشمه گرو از نمودار ترکیبی کلر نسبت به سولفات، کلسیم و سدیم استفاده گردید. رابطه بین کلر و سدیم (شکل ۶–b) و رابطه بین سولفات و کلسیم (شکل ۶–d) به ترتیب نشان‌دهنده انحلال هالیت و ژیپس در منطقه می‌باشند. همچنین، ارتباط بین یون‌های سولفات و کلر (شکل ۶–c) نشان‌دهنده منشأ واحد این یون‌ها است، که می‌توان آن را به انحلال سازندهای تبخیری منطقه و اختلاط با آب شیرین کارست نسبت داد. دلیل دیگر این ارتباطات می‌تواند نشت شورابه‌های نفتی به آبخوان باشد؛

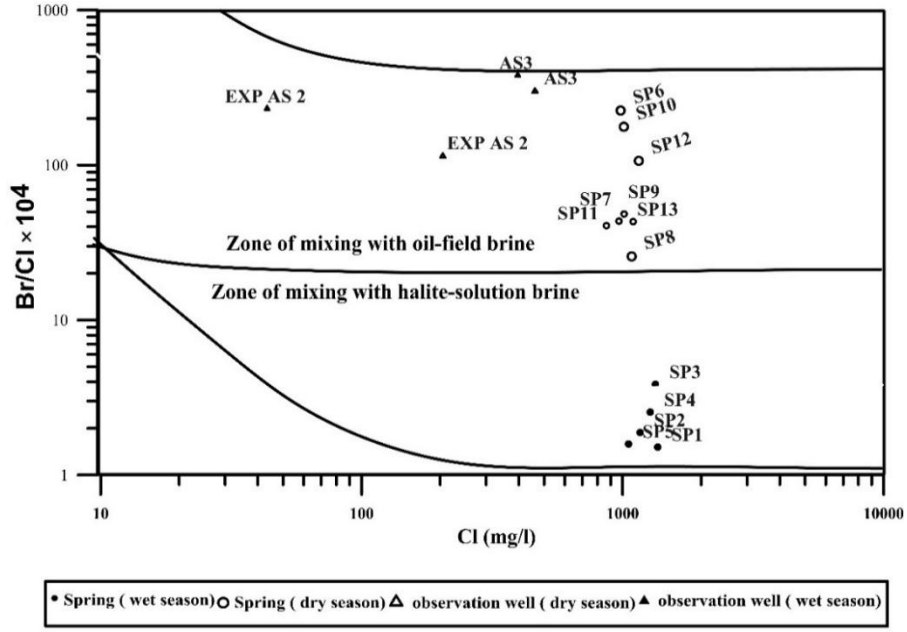

Fig. 4- Differentiating oilfield brine from the brine halite, Br $\times 10^{-4}$ vs. Cl (Whittemore, 1984, 1993; Pollock and Whittemore, 1979)

شکل ۴- تمایز شورابه میادین نفتی از شورابه هالیتی، Br $\times 10^{-4}$ (Bromine) نسبت به Cl (Whittemore, 1984, 1993; Pollock and Whittemore, 1979)

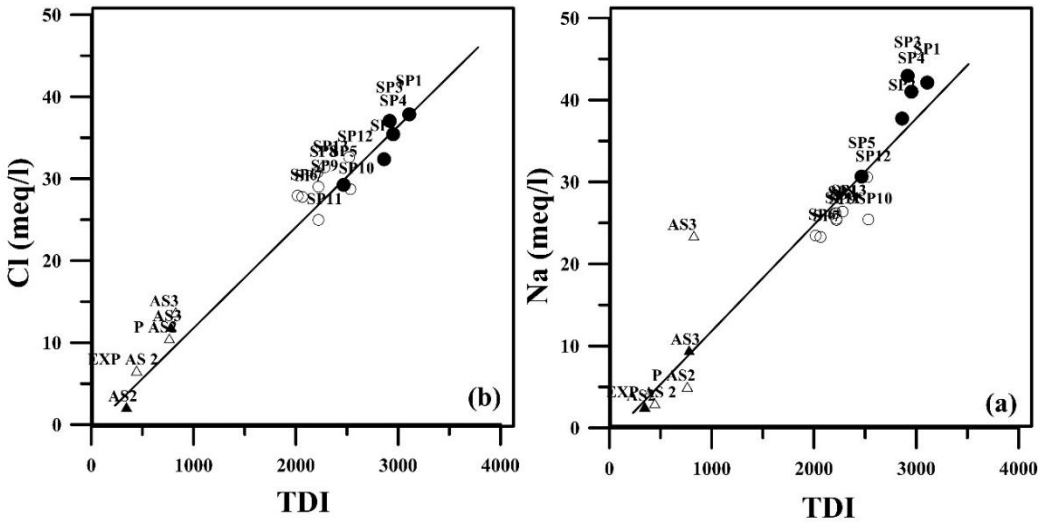

Fig. 5- combination diagrams of TDI vs. sodium (a) and TDI vs. chlorine (b)

شکل ۵- نمودار ترکیبی TDI نسبت به سدیم (a) و TDI نسبت به کلر (b)

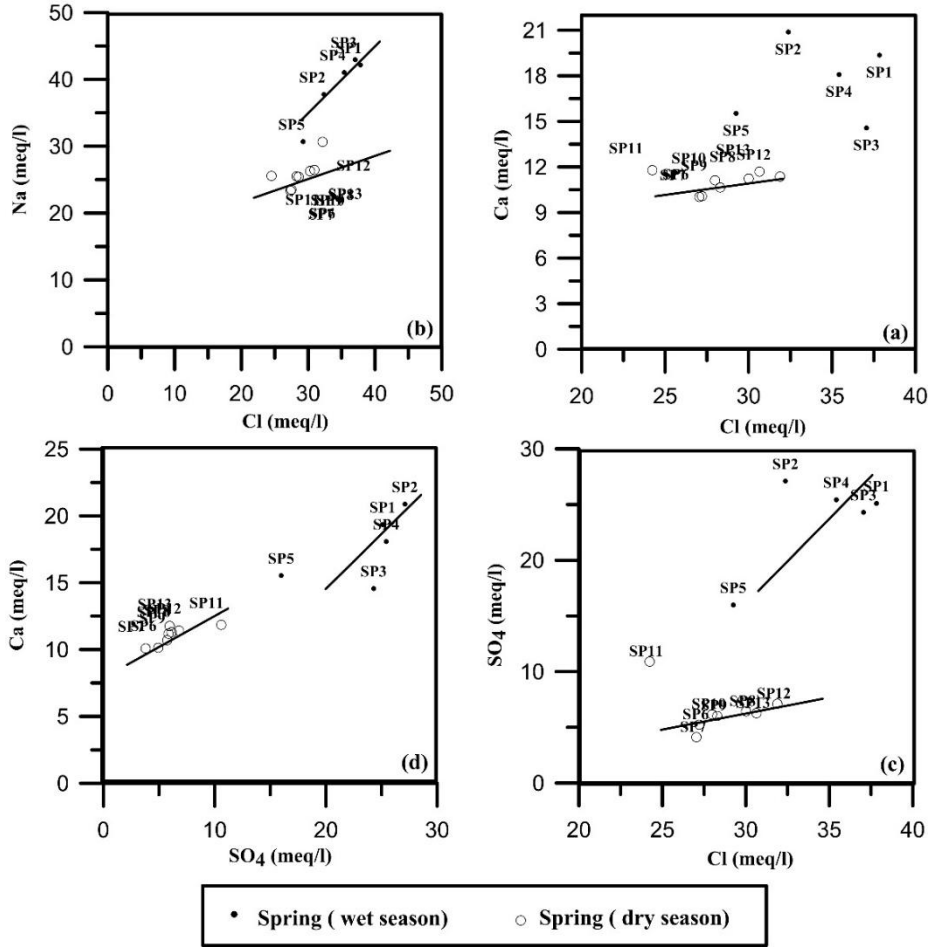

Fig. 6- Garu Spring composition diagrams; calcium vs. chlorine (a), sodium vs. chlorine (b), sulfate vs. chlorine (c) and calcium vs. sulfate (d)

شکل ۶- نمودارهای ترکیبی یون‌های چشمه گرو (بهمن و اسفند ۹۴-۹۳)، کلسیم در برابر کلر (a)، سدیم در برابر کلر (b)، سولفات در برابر کلر (c) و کلسیم در برابر سولفات (d)

زیرا شورابه‌های نفتی علاوه بر کلر حاوی مقادیر زیادی سدیم و کلسیم می‌باشند. رابطه قوی‌تر بین یون‌های کلسیم و کلر (شکل ۶-a) در فصل خشک نسبت به فصل مرطوب را می‌توان به عامل نفوذ شورابه‌های نفتی نسبت داد؛ زیرا در فصل خشک درصد شورابه نفتی به دلیل کاهش حجم آب شیرین افزایش می‌یابد. همچنین در فصل خشک به دلیل غالب بودن تغذیه چشمه توسط آبخوان کارستی تاقدیس آسماری و کم شدن تغذیه توسط رودخانه تمبی، یون‌های سولفات و کلسیم با یون کلر و یون کلسیم با سولفات همبستگی بالاتری را نشان می‌دهند.

۴- نتیجه‌گیری

نمودار پایپر نمونه‌های برداشت‌شده از چشمه گرو نشان‌دهنده رخساره هیدروشیمیایی نوع کلروره سدیک و آب پیزومتر AS2 و AS3 به ترتیب سولفاته کلسیک، کلروره سدیک در فصل مرطوب و در فصل خشک کلروره کلسیک و سولفاته سدیک می‌باشد. افزایش خطی سدیم و کلر نسبت به TDI نشان‌دهنده انحلال هالیت در منطقه است که منشأ آن را می‌توان به انحلال نمک و ژیپس سازند گچساران موجود در اطراف چشمه توسط رودخانه تمبی، تغذیه چشمه توسط این رودخانه، مرتبط دانست. نسبت‌های یونی و نمودارهای ترکیبی نشان‌دهنده تخریب کیفیت آب چشمه گرو و درنتیجه فرآیندهای مختلف انحلال هالیت و ژیپس سازند گچساران و ورود شورابه نفتی می‌باشد. در فرآیند اختلاط سه مؤلفه شورابه هالیتی، آب کارستی و شورابه‌های نفتی دخالت دارند، در فصل خشک اثر هر سه مؤلفه به‌خوبی دیده می‌شود، لیکن در فصل مرطوب به سبب افزایش حجم تغذیه از سوی آبخوان کارستی و همچنین شورابه هالیتی، تأثیر حجم ثابت شورابه نفتی دیده نمی‌شود و تأثیر دو عامل شورابه هالیتی و آب شیرین غالب است.

پی‌نوشت‌ها

1- Total Disolved Ion

۶- مراجع

Ayers J, Goodbred S, George G, Fry D, Benneyworth L, Hornberger G, Roy K, Rezaul Karim M, Akter F (2016) Sources of salinity and arsenic in groundwater in southwest Bangladesh. Geochemical Trensactions 17:1-22

Etemad Shahidi AF, Saburi AA, Parsa J (2011) Control of salinity intrusion in Arvand estuary under different hydrological conditions. Iran-Water Resources Research, 7(2):50-60 (In Persian)

Freeman J (2007) The use of bromine and chloride mass rations to differentiate salt dissolution and formation brines in shallow groundwater of the Western Canadian Sedimentary Basin. Hydrogeology Journal, 15:1377-1385

Leonard AR, Ward PE (1962) Use of Na/Cl rations to distinguish oil-field from salt-spring brines in Western Oklahoma. Geological Survey Professional Paper 450-B:126-127

Mast VA (1982) The use of ionic mixing curves in differentiating oil-field brine in a fresh-water aquifer. Ground Water Monitoring and Remediation 5(3):65-69

Nzibavuga Nyarubakula Muzuka A, Martz L, Charles Komakech H, Elisante E, Kisaka M, Ntuza C (2017) Origin and mechanisms of high salinity in Hombolo Dam a;nd groundwater in Dodoma municipality Tanzania, revealed. Applied Water Science, 7(6):2883–2905

Rezaei M (2009) Application of Statistical methods, saturation indices, and the composite diagrams in the groundwater quality assessment in the Kerman plain aquifer. Iran-Water Resources Research, 5(3):28-38 (In Persian)

Whittemore, DO (1984) Geochemical identification of salinity sources. In: Proc. of Salinity in Watercourses and Reservoirs, 13-15 July, Utah, USA, 505-514

Whittemore, DO (1993) Ground-water geochemistry in the mineral intrusion area of Groundwater Management District No. 5 south-central Kansas. Kansas Geological Survey Open-File Report, 93-2:107

Whittemore DO, Pollock LM (1979) Determination of salinity sources in water resources of Kansas by minor alkali metal and halide chemistry. Kansas Water Resources Research Institute, Manhattan, NY, 28 p

Zarei M, Raeisi EJ, Merkel B, Kummer NA (2012) Identifying sources of salinization using hydrochemical and isotopic techniques. Environmental earth science, 70:587-604 (In Persian)