تعیین رژیم جریان در آبخوانهای کارستی با استفاده از هیدروشیمی چشمه های معرف مطالعه موردی : تاقدیسهای سالدوران، زرآب و کوه سوخته در جنوب غرب ایران

نیماکراچی [۱]، خدیجه خلیلی*[۲]، مهدی ریاحی پور[۳]

۱- استادیار، گروه شیمی، شیمی فیزیک، دانشگاه آزاد مرودشت،

۲*- استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نورتهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

۳- کارشناس شرکت آب منطقه ای استان چهار محال و بختیاری

ایمیل نویسنده مسئول: khalilikhadijeh@pnu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۶ تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۷

چکیده

استفاده از نتایج آنالیزهای شیمیایی آب چشمه های کارستی یکی از روش هایی است که می‌توان نوع سیستم جریان در آبخوان های کارستی را تعیین نمود. در این تحقیق تعدادی چشمه معرف در تاقدیسهای سالدوران، زرآب و کوه سوخته در استان چهارمحال و بختیاری که از بزرگترین چشمه های تخلیه کننده سیستم کارستی در این منطقه می باشند، انتخاب و از نتایج آنالیز شیمیایی آب آنها در محاسبه شاخصهای اشباع کلسیت، دولومیت و فشار جزئی دی اکسید کربن استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که آب چشمه‌های انتخابی غیراشباع از کلسیت و دولومیت بوده و انحلال سنگ های کربناته همچنان ادامه دارد. همچنین مقادیر نسبتاً کم SID نسبت به SIC نشان می دهد که آب چشمه‌های انتخابی عمدتاً از مناطق آهکی عبور نموده و سنگ های دولومیتی در آبخوان کارستی مربوط به این چشمه ها توسعه چندانی ندارند. علاوه بر این، مقادیر کم SIC و SID نشان می دهد که زمان اقامت آب در آبخوان های چشمه‌های انتخابی در محدوده مطالعاتی سالدوران - زرآب نسبتاً کوتاه بوده و این امر نشان از حاکم بودن جریان مختلط (مجرایی - افشان یا افشان - مجرایی) در آبخوان کارستی این چشمه ها دارد.

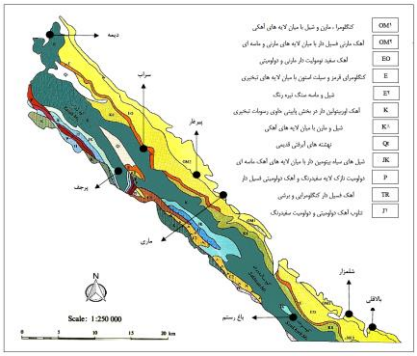
واژه های کلیدی : کارست، هیدروشیمی، رژیم جریان، سالدوران، زرآب و کوه سوخته

۱- مقدمه

حدود ۲۵ صد از منابع آب جهان در تشکیلات کاست ذخیره شده است و به عنوان یکی از ممهمترین منابع تامین کننده نیاز های آبی روی کره زمین شناخته شده اند (Ford and Willames., ۲۰۰۷). در ایران نیز در حدود ۱۱ درصد از وسعت کشور را ذخیره کارستی در بر گرفته است. آبخوان های کارستی، مخازن زیر زمینی ناهمگنی می باشند که سطح ایستابی در این نوع آبخوان ها یک سطح پیوسته نمی باشد و شیب منطقه ای و محلی دارد (Raeisi and Karami., ۱۹۹۶).با بررسی ویژگی های هیدروژئوشیمیایی و هیدرولوژی چشمه های کارستی به میزان توسعه کارست در یک منطقه پی برد ().آبخوان های کارستی نسبت به آبخوان دیگر شرایط مساعدی را برای تغذیه از خو نشان می دهند (). بررسی جهت حرکت آب در آبخوا های کارستی اهمیتی زیادی دارد و نسبت به سایر محیط ها بسیار پیچیده است (Ford and Willames., ۲۰۰۷). بر اساس رفتار چشمه‌ها، جریان‌های کارستی به دو دسته مشخص مجرایی و افشان تقسیم بندی می شوند. در نوع افشان، جریان خطی در امتداد درزه ها، شکستگی ها و جدا شدگی‌ها و سطوح لایه بندی که اندازه آن کوچک تر از یک سانتی متر است، اتفاق می‌افتد (Maghsoodi et al.,۲۰۰۹) در این جریانات، ضریب تغییرات سختی کل کمتر از ۵ درصد است، در حالیکه در سیستم مجرایی، جریان آشفته از بین سیستم کانال‌ها در ابعاد سانتی متر و گاهی بیشتر رخ می دهد. در این نوع جریان ها، تغییرات سختی کل حدود ۱۰ تا ۲۳ درصد می باشد.یکی از روش‌هایی که می‌توان نوع سیستم جریان (افشان، مختلط، مجرایی) در آبخوان کارستی را تعیین نمود، استفاده از نتایج آنالیزهای شیمیایی آب چشمه‌های این مناطق می باشد. با در دست داشتن مقادیر کاتیون ها و آنیون های اصلی و دمای آب می‌توان به محاسبه شاخص هایی چون P_{CO_2}، SIC و SID پرداخت. در مطالعه آبهای زیرزمینی محاسبه شاخص های SIC و SID می‌تواند مدت زمان اقامت آب در آبخوان را مشخص سازد. به طوری که هر قدر زمان اقامت آب در آبخوان کوتاه باشد، مقدار این شاخص ها کوچکتر (به عنوان مثال برای موارد غیراشباع کوچکتر از ۰.٤-) می شود (Raeisi and Karami., ۱۹۹۶). همچنین با مقایسه این شاخص ها می‌توان به طور نسبی مشخص نمود که جریان آب از محیط آهکی و یا دولومیتی عبور کرده است (langmuir, ۱۹۹۷).

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شامل ارتفاعات آهکی سالدوران، زرآب و کوه سوخته در استان چهارمحال و بختیاری بوده و در ۳۰ کیلومتری جنوب غربی شهرکرد واقع شده است. این نواحی از نظر زمین شناسی ساختاری در زون زمین شناسی زاگرس مرتفع یا رورانده واقع شده اند و جهت شیب عمومی لایه های آهکی در آنها به سمت شمال و شمال شرق می باشد (شکل ۱). سنگ آهک‌های کرتاسه با میان لایه های آهک مارنی، ماسه سنگ و رس ارتفاعات این ناحیه را تشکیل می دهند (مطیعی، ۱۳۷۲).



شکل ۱- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

ضخامت قابل توجه و لایه بندی مناسب آنها باعث توسعه پدیده کارست و ایجاد آبخوان‌های کارستیک قابل توجهی در این ارتفاعات شده است. سیستم تنش کششی که در راستای شمال شرق – جنوب غرب و تقریبا عمود بر امتداد تراست‌های موجود در منطقه عمل کرده است، ضمن برش تاقدیس‌های منطقه و ایجاد دره های باریک و عمیق، نقش اصلی در کانالیزه کردن جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های کارستی این منطقه و ایجاد چشمه هایی با آبدهی زیاد را داشته است.

روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی

در این‌پژوهش، تعدادی چشمه معرف انتخاب گردیده که از بزرگترین چشمه‌های محدوده مطالعاتی از نظر آبدهی می باشند و باعث تخلیه آبخوان‌های کارستی می شوند. با نمونه برداری از آب چشمه‌های مذکور، مقادیر کاتیون ها و آنیون ها بر حسب میلی اکی والان در لیتر و دما بر حسب درجه سانتی‌گراد اندازه گیری شده که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ - مقادیر املاح موجود در آب چشمه‌های انتخابی در محدوه مطالعاتی سالدوران – زرآب

نام چشمه	Na	K	Mg	Ca	SO_4
پیرغار	۰/۱۷	۰/۰۲	۱	۲/۸۹	۱/۰۴
باباحیدر	۰/۰۹	۰/۰۲	۱/۰۶	۲/۳۳	۰/۳۱
باغ رستم	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۷۳	۲/۵۹	۰/۲۷
شلمزار	۰/۳۶	۰/۰۲	۱/۶	۳/۴۲	۰/۸۵
دیمه	۰/۲۵	۰/۰۴	۱/۲۲	۳/۲	۱/۰۳
ماری	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۶۹	۳/۵۴	۰/۹۳
بالاقلی	۰/۹۷	۰/۰۴	۱/۳	۴/۵۸	۱/۱۲
پرجفت	۰/۶۴	۰/۰۴	۱/۲۲	۳/۳۸	۱/۱۲
نام چشمه	Cl	HCO_3	CO_3	PH	دما
پیرغار	۰/۴	۲/۶۸	۰	۸/۱۳	۱۲
باباحیدر	۰/۲۹	۲/۸۸	۰	۷/۷۶	۱۱
باغ رستم	۰/۳۱	۲/۹۶	۰	۷/۶۵	۱۳
شلمزار	۰/۳۹	۴/۱	۰	۸/۰۷	۱۳
دیمه	۰/۲۴	۳/۳۲	۰	۷/۸۳	۱۰
ماری	۰/۳۸	۳/۳۸	۰	۷/۶۹	۱۳
بالاقلی	۰/۸۲	۴/۷۵	۰	۷/۹۶	۱۲
پرجفت	۰/۷۴	۳/۵۲	۰	۸/۰۵	۱۱

بحث و بررسی

مجموع یون‌هایی که در یک محلول وجود دارند، قدرتی را به محلول می دهند که به آن قدرت یونی محلول می گویند. قدرت یونی محلول در مورد آب چشمه‌های انتخابی در این تحقیق از رابطه زیر محاسبه شده است (ناصری، ۱۳۸۵):

$$I = \frac{1}{2} \sum m_i \, z_i^2$$

در این رابطه m_i، غلظت یون و z_i ظرفیت یون می باشد. در صورتی که غلظت یون ها بر حسب میلی اکی والان در لیتر باشد، پاسخ به دست آمده باید بر عدد ۱۰۰۰ تقسیم شود تا نتیجه بر حسب مول بر کیلوگرم حلال تبدیل گردد (Drever, ۱۹۸۲). مقدار قدرت یونی آب چشمه‌های انتخابی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳ - مقادیر قدرت یونی آب چشمه‌های انتخابی بر اساس میزان آبدهی

	نام چشمه	$\sum m_i z_i^2$	I
	پیرغار	۲۲/۹۹	۰/۰۱۱۵
۲	باباحیدر	۱۸/۰۸	۰/۰۰۹
۳	باغ رستم	۱۷/۸۱	۰/۰۰۸۹
٤	شلمزار	۲۸/۳۵	۰/۰۱٤۲
٥	دیمه	۲٥/٦٥	۰/۰۱۲۸
٦	ماری	۲٤/۷	۰/۰۱۲۳
۷	بالاقلی	۳٤/٥۸	۰/۰۱۷۳
۸	پرجفت	۲۷/۸۲	۰/۰۱۳۹

با در نظر گرفتن مقدار قدرت یونی می بایست ضریب اکتیویته ذرات باردار موجود در آب چشمه‌ها محاسبه گردد. لذا بسته به مقدار قدرت یونی از روش‌های گوناگونی استفاده می شود که عبارتند از :

الف) اگر قدرت یونی کمتر از ۰.۰۰۱ باشد، آنگاه ضریب اکتیویته از رابطه زیر محاسبه می گردد :

$$\text{Log}\,\gamma_i = -\,A\,z_i^2\,\sqrt{I}$$

ب) اگر قدرت یونی بیشتر از ۰.۱ باشد، آنگاه ضریب اکتیویته از رابطه زیر محاسبه می گردد :

$$\text{Log}\,\gamma_i = -\,\frac{A\,z_i^2\,\sqrt{I}}{1 + B\,a_0\,\sqrt{I}} + b\,I$$

ج) اگر قدرت یونی بین مقادیر فوق باشد، همانند قدرت های یونی محاسبه شده برای نمونه های آب چشمه‌های انتخابی، ضریب اکتیویته یون های اصلی Ca، Mg و HCO_3 از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$\text{Log}\,\gamma_i = -\,\frac{A\,z_i^2\,\sqrt{I}}{1 + B\,a_0\,\sqrt{I}}$$

در روابط فوق ۷ : ضریب اکتیویته، A و B ضرایبی هستند که بستگی به درجه حرارت داشته است و Z ظرفیت یون و a. شعاع هیدراته یون ها می باشد (جدول ٤و ٥). b نیز مقدار ثابت می باشد که بسته به شرایط محیطی همچون دما، pH و ... تعیین می شود.

جدول ٤ – مقادیر A و B با در نظر گرفتن دما (Drever, ۱۹۸۲)

دما (درجه سانتیگراد)	A	$B \times 10^8$
۰	۰/٤٨٨٣	۰/۳۲٤۱
٥	۰/٤۹۲۱	۰/۳۲٤۹
۱۰	۰/٤۹٦۰	۰/۳۲٥۸
۱٥	۰/٥	۰/۳۲٦۲
۲۰	۰/٥۰٤۲	۰/۳۲۷۳
۲٥	۰/٥۰۸٥	۰/۳۲۸۱

بر این اساس، ضریب اکتیویته یون‌های کلسیم، منیزیم و بیکربنات برای آب چشمه‌های انتخابی محاسبه گردیده است (جدول ٦).

جدول ٦ – مقادیر ضریب اکتیویته یون های اصلی آب چشمه‌های انتخابی

یون / نام چشمه	Ca	Mg	HCO_3
پیرغار	۰/٦٦٥۹	۰/٦۸۰۹	۰/۸۹۷۷
باباحیدر	۰/٦۹۳۸	۰/۷۰٦٥	۰/۹۰۸۱
باغ رستم	۰/٦۹٤۰	۰/۷۰٦٦	۰/۹۰۸٤
شلمزار	۰/٦٤۱۹	۰/٦٥۹۰	۰/۸۸۹۲
دیمه	۰/٦٥٤۹	۰/٦۷۰۹	۰/۸۹۳۹
ماری	۰/٦٥۸۳	۰/٦۷٤۰	۰/۸۹٥٥
بالاقلی	۰/٦۱۸۹	۰/٦۳۸۱	۰/۸۸۱۲
پرجفت	۰/٦٤٥٥	۰/٦٦۲۳	۰/۸۹۰٥

در مرحله بعد به کمک ضریب اکتیویته، میزان اکتیویته یون های اصلی (a_i) با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$a_i = \gamma_i\ m_i$$

در این رابطه، m_i برابر با غلظت یون در محلول بر حسب مولار می باشد. اکتیویته یون های کلسیم، منیزیم و بیکربنات آب چشمه‌های مورد آزمایش در جدول ۷ بر حسب لگاریتم ارائه شده است. با در نظر گرفتن متوسط درجه حرارت آب چشمه‌های انتخابی، مقادیر ثابت های تعادلی استخراج می شود (جدول ۸).

جهت به دست آوردن مقادیر شاخص های SIC و SID ابتدا می بایست فشار دی اکسید کربن P_{CO_2} محاسبه گردد. جهت محاسبه مقدار فشار دی اکسید کربن از رابطه زیر استفاده شده است :

$$(m_{Ca})^3 = P_{CO_2}\ \frac{K_1\ K_{cal}\ K_{CO_2}}{4\ K_2\ \gamma_{Ca}\ (\gamma_{HCO_3})^2}$$

جدول ۷ – مقادیر اکتیویته یون های اصلی چشمه‌های انتخابی

یون / نام چشمه	[Ca]	[Mg]	[HCO_3]
پیرغار	$10^{-2.716}$	$10^{-3.167}$	$10^{-2.619}$
باباحیدر	$10^{-2.791}$	$10^{-2.125}$	$10^{-2.582}$
باغ رستم	$10^{-2.745}$	$10^{-3.287}$	$10^{-2.571}$
شلمزار	$10^{-2.658}$	$10^{-2.977}$	$10^{-2.438}$
دیمه	$10^{-2.679}$	$10^{-3.087}$	$10^{-2.527}$
ماری	$10^{-2.633}$	$10^{-3.333}$	$10^{-2.519}$
بالاقلی	$10^{-2.547}$	$10^{-3.081}$	$10^{-2.378}$
پرجفت	$10^{-2.661}$	$10^{-3.093}$	$10^{-2.504}$

جدول ۸ – مقادیر ثابت های تعادلی، (Drever, (pk = -log۱۰k ۱۹۸۲)

T °C	pK_{CO_2}	pK_1	pK_2	pK_{dol}	pK_{cal}
۰	۱/۱۲	٦/٥۸	۱۰/٦۲	۱٤/۹	۸/۳۹
٥	۱/۱۹	٦/٥۲	۱۰/٥٦	۱٤/۸	۸/٤
۱۰	۱/۲۷	٦/٤۷	۱۰/٤۹	۱٤/۷۱	۸/٤۱
۱٥	۱/۳۲	٦/٤۲	۱۰/٤۳	۱٤/۳٥	۸/٤۲
۱۸	۱/۳٦	٦/٤	۱۰/٤۰	۱٤/۲٦	۸/٤۳
۲۰	۱/٤۱	٦/۳۸	۱۰/۳۸	۱٤/۱۷	۸/٤٥

با قرار دادن مقادیر ثابت های تعادلی و ضرایب اکتیویته محاسبه شده در رابطه فوق، مقدار فشار دی اکسید کربن P_{CO_2} آب چشمه‌های انتخابی محاسبه گردیده است (جدول ۹).با در نظر گرفتن مقدار فشار دی اکسید کربن P_{CO_2} و ثابت تعادلی گاز دی اکسید کربن K_{CO_2} اکتیویته اسید کربنیک H_2CO_3 موجود در آب چشمه‌های انتخابی محاسبه و به کمک آن و ثابت تعادلی اولیه، مقدار اکتیویته یون

پروتون H^+ در آب چشمه‌ها بر اساس روابط زیر محاسبه گردیده و در جدول ۱۰ ارائه شده است :

$$[H_2CO_3] = K_{CO2} \cdot P_{CO2}$$

$$[H] = \frac{K_1 \cdot [H_2CO_3]}{[HCO_3]}$$

در مرحله آخر شاخص های SIC و SID به کمک روابط زیر برای چشمه انتخابی محاسبه گردیده است (جدول ۱۱).

$$SIC = \log \frac{[Ca] [HCO_3] K_2}{[H] K_{cal}}$$

$$SID = \log \left(\frac{[Ca] [Mg] [HCO_3]^2 K_2^2}{[H]^2 K_{dol}} \right)^{0.5}$$

جدول ۹ - مقادیر فشار دی اکسید کربن (PCO_2) بر حسب اتمسفر در آب چشمه‌های انتخابی

نام چشمه	PCO_2 (atm)
پیرغار	۱۰ $^{-1.59}$
باباحیدر	۱۰ $^{-1.88}$
باغ رستم	۱۰ $^{-1.70}$
شلمزار	۱۰ $^{-1.39}$
دیمه	۱۰ $^{-1.50}$
ماری	۱۰ $^{-1.33}$
بالاقلی	۱۰ $^{-1.04}$
پرجفت	۱۰ $^{-1.44}$

جدول ۱۰ - مقادیر اکتیویته اسید کربنیک و یون پروتون در آب چشمه‌های انتخابی

نام چشمه	$[H_2CO_3]$	$[H]$
پیرغار	۱۰ $^{-2.88}$	۱۰ $^{-6.706}$
باباحیدر	۱۰ $^{-3.15}$	۱۰ $^{-7.038}$
باغ رستم	۱۰ $^{-2.99}$	۱۰ $^{-6.864}$
شلمزار	۱۰ $^{-2.68}$	۱۰ $^{-6.687}$
دیمه	۱۰ $^{-2.77}$	۱۰ $^{-6.713}$
ماری	۱۰ $^{-2.62}$	۱۰ $^{-6.546}$
بالاقلی	۱۰ $^{-2.33}$	۱۰ $^{-6.397}$
پرجفت	۱۰ $^{-2.71}$	۱۰ $^{-6.676}$

جدول ۱۱ - مقادیر SIC و SID در آب چشمه‌های انتخابی

نام چشمه	SIC		SID		سیستم جریان
پیرغار	-۰/۴۷	غیراشباع	-۲/۰۵	غیر اشباع	مجرایی تا افشان
باباحیدر	-۰/۴۱	غیر اشباع	-۱/۱۴	غیر اشباع	مجرایی تا افشان
باغ رستم	-۰/۴۹	غیر اشباع	-۱/۹۲	غیر اشباع	مجرایی تا افشان
شلمزار	-۰/۴۵	غیر اشباع	-۱/۷۶	غیر اشباع	مجرایی تا افشان
دیمه	-۰/۵۷	غیر اشباع	-۱/۸۳	غیر اشباع	افشان تا مجرایی
ماری	-۰/۶۵	غیر اشباع	-۲/۱۵	غیر اشباع	افشان تا مجرایی
بالاقلی	-۰/۵۷	غیر اشباع	-۱/۹۹	غیر اشباع	افشان تا مجرایی
پرجفت	-۰/۵۷	غیر اشباع	-۱/۸۴	غیر اشباع	افشان تا مجرایی

نتیجه گیری :

مقادیر SIC و SID به دست آمده نشان می دهند که آب چشمه‌های انتخابی غیراشباع از کلسیت و دولومیت بوده و انحلال سنگ های کربناته در این آبخوان‌های کارستیک همچنان ادامه دارد. همچنین مقادیر نسبتاً کم SID نسبت به SIC نشان می دهد که آب چشمه‌های انتخابی عمدتاً از مناطق آهکی عبور نموده و سنگ های دولومیتی در آبخوان کارستی مربوط به این چشمه ها توسعه چندانی ندارند. علاوه بر این، مقادیر کم SIC و SID نشان می دهد که زمان اقامت آب در آبخوان های کارستی چشمه‌های انتخابی در محدوده مطالعاتی سالدوران - زرآب نسبتاً کوتاه بوده و این امر نشان از حاکم بودن جریان مختلط (مجرایی - افشان یا افشان – مجرایی) در آبخوان کارستی این چشمه ها دارد.

جدول ۱۲ - نوع جریان در چشمه های انتخابی بر اساس پارامترهای هیدروشیمیایی

پارامتر / چشمه		شلمزار	دیمه	پیرغار
هدایت الکتریکی	میانگین حسابی	۵۶۱/۸۸	۴۸۱/۸۵	۴۵۶/۵
	ضریب تغییرات (درصد)	۵	۶/۵	۱۸
سختی کل	میانگین حسابی	۲۶۶/۶۸	۲۰۹/۶۵	۲۰۹/۵۹
	ضریب تغییرات (درصد)	۵	۸	۱۶
آبدهی	میانگین حسابی	۰/۹۵۳	۳/۳	۲/۵۸
	ضریب تغییرات (درصد)	۳۹	۲۲/۱۲	۲۶۰/۴۷
PH		۷/۶۷	۷/۷۲	۷/۸۵
نوع جریان	Shuster & White ,۱۹۷۱	افشان	مجرایی - افشان	مجرایی
	Jacobson & Langmuir,۱۹۷۴	افشان	افشان	مجرایی – افشان

فهرست منابع :

- ریاحی پور، م.، ۱۳۷۹. تعیین خصوصیات سفره آبدار کارستی یال شمالی تاقدیس سالدوران با استفاده از پارامترهای فیزیک وشیمیایی چشمه پیرغار فارسان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۸۷ص.

۲ - زاهدی و همکاران، ۱۳۷۲، نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ شهرکرد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۳ - مطیعی، همایون.، ۱۳۷۲. زمین شناسی ایران: چینه شناسی زاگرس، سازمان زمین شناسی کشور

٤ - Drever, J. I. **۱۹۸۲.** The geochemistry of natural waters. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. ۳۸۸ p.

٥ - Langmuir, D. **۱۹۷۱.** T he geochemistry of some carbonate groundwaters in central Pensylvania.Geochem. et Cosmochim. Acta., Vol. ۳٥:۱۰۲۳-۱۰٤٥.

٦ - Jaconson, R.L., and Longmuir, D., **۱۹۷٤.** Controls on the quality variations of some carbonate spring waters. Journal of Hydrology **۲۳ : ۲٤۷ – m۲٥٦.**

۷ – Shuster, E.T ., and White, W.B., ۱۹۷۱). Seasonal fluctuations in the chemistry of limestone springs: A possible means for characterizing aquifers: Journal of Hydrology, v. ۱٤, p. ۹۳–۱۲۸.

۸. Ford D, Williams P., **۲۰۰۷.** Karst geomorphology and hydrogeology. ۲nd ed. England: John Wiley & Sons, Ltd.

۹. Raeisi E, Karami GH., **۱۹۹٦.** The governing factors of the physicochemical characteristics of Sheshpeer karst spring, Iran. Carbonate and evaporates. ,۱۱(۲):۱٦۲-۱٦۹.

۱۰. Maghsoodi M, Karimi H, Safari H, Chahar–Rahi Z. ۲۰۰۹. Evaluating the karst development in Prav Bisetoon region. Physical geography research quarterly journal. ۹(۸):٥۱-٦٥.

۱۱. White WB. **۱۹۹۸.** Groundwater flow in karstic aquifers. In: Delleur JW, editor.. The handbook of groundwater engineering. ۲nd ed. Boca Raton: CRC Press; p.۱-٤۷.

۱۲. Bagheri S., Yamani M., Jafar–Bigloo M., Karimi H, Moghimi A. ۲۰۱٥.The assessing of karst development and hydrodynamic characteristics of karstic aquifers in Alvand region. Physica geography research quarterly journal. ٤۷(۳):۳۳۳-۳٤٦.[Persian]

Determining the flow regime in karst aquifers using the hydrochemistry of representative springs Case study: Saldoran, Zarab and Sokhteh anticlines in southwest Iran

Nima Kerachi,Khadijeh khalili,mahdi riahipour

[۱] Associate Professor, Faculty of Chemistry, Faculty of Science , Azad University of Marvdasht.

[۲] Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Payam Noor University of Tehran, Tehran, Iran

nimakarachi@yahoo.com[۱]

Abstract

Using the results of chemical analyzes of karst spring water is one of the ways to determine the type of flow system in karst aquifers. In this research, a number of representative springs in the anticlines of Salduran, Zarab and Koh Sokhte in Chaharmahal and Bakhtiari provinces, which are among the largest springs draining the karst system in this region, were selected and the results of chemical analysis of their water were used to calculate the saturation indices of calcite, dolomite and a partial pressure of carbon dioxide is used. The results show that the water of selected springs is unsaturated from calcite and dolomite and the dissolution of carbonate rocks continues. Also, the relatively low values of SID compared to SIC show that the water of the selected springs mainly passes through limestone areas and dolomite rocks are not developed much in the karst aquifer related to these springs. In addition, the low values of SIC and SID show that the residence time of water in the aquifers of the selected springs in the study area of Salduran-Zarab is relatively short, and this indicates the dominance of mixed flow (flow diffuse-flow or flow- diffuse) in the aquifer. Karst has these springs.

Introduction

Based on the behavior of the springs, karst streams have been divided into two specific categories: channel and gushing. In the spray type, linear flow occurs along the joints, fractures and separations and the layering of layers whose size is smaller than one centimeter ( ). The change coefficient of the total hardness of this flow is less than ٥٪, but in the channel system of the turbulent flow from the channel between the systems at a height of meters and sometimes more. The coefficient of change of total hardness for this type of flows is between ١٠ and ٢٣٪. One of the ways to determine the type of flow system (splash, mixed, conduit) in the karst aquifer is to use The results of the chemical analyzes of the springs of these areas. With the values of cations and main anions and water temperature, it is possible to calculate indices such as PCO٢, SIC and SID. In the study of underground water, calculation of SIC and SID indices can determine the residence time of water in the aquifer.

Methodology

In this research, a number of representative springs have been selected, which are among the largest springs in the study area in terms of drainage and cause the emptying of karst aquifers. By sampling the water of the mentioned springs, the amounts of cations and anions were measured in terms of milliequivalents per liter and the temperature was measured in degrees Celsius.

Conclusion

The obtained SIC and SID values show that the water of selected springs is unsaturated from calcite and dolomite and the dissolution of carbonate rocks in these karstic aquifers continues. Also, the relatively low values of SID compared to SIC show that the water of the selected springs mainly passes through limestone areas and dolomite rocks are not developed much in the karst aquifer related to these springs. In addition, the low values of SIC and SID show that the residence time of water in the karst aquifers of the selected springs in the study area of Salduran-Zarab is relatively short, and

this shows that mixed flow is dominant (flow-flow or flow-flow). There are these springs in the karst aquifer. High rapid flow in Pir Ghar springs indicates active channel flow in this spring. The range of small changes in the amount of water in Shalamzar and Dimeh springs, followed by a decrease in the descent coefficient in this year, indicates that the spring water is mainly supplied by the base flow, which indicates the type of flow system and water supply by undeveloped or full seams and cracks. It is made of soil. Of course, in the case that the catchment basin of the springs is wide and there are sections or impermeable formations in the feeding basin of the spring, it is possible to point out the regulating role of the semi-permeable formations in the transfer of water between the two permeable formations, and it makes the springs show a current similar to the jet stream.

Keywords:

Karst; hydrochemistry; flow regime; Salduran; Zarab and burnt mountain;