مطالعه ژئوشیمیایی رسوبات انیدریتی و ارائه مدل رسوبگذاری سازند گچساران در میدان نفتی زیلایی با نگرشی ویژه به پوش سنگ (بخش ۱ سازند گچساران) مخزن آسماری

بهمن سلیمانی[۱]*، علیرضا بهادری[۲]

۱- استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱/۲۰
تأیید نهایی مقاله: ۸ /۱۳۸۹/۹

چکیده:
سازند تبخیری گچساران، پوش سنگ مخازن نفتی آسماری را در منطقه زاگرس تشکیل می دهد. میدان نفتی زیلایی در ۳۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان مسجد سلیمان (با ابعاد ۶ *۴۰ کیلومتر) واقع شده است. ارزیابی و شناخت محیط رسوبگذاری دیرینه با استفاده از تغییرات عناصر ژئوشیمیایی حوضه رسوبی سازند گچساران در این میدان صورت گرفت. بر اساس داده‌های حاصل از آنالیز XRF مشخص گردید که پوش سنگ در پهنه سبخایی- لاگونی تشکیل شده است. شرایط آب و هوایی گرم و خشک و افزایش تبخیر، سبب ایجاد سیکل پسروی شده و محیطی سبخایی گسترش یافته است. در نهایت پسروی دریا و قطع ارتباط آن با حوضه رسوبی، منجر به رسوبگذاری توالی ضخیم نمک‌های سازند گچساران شده است. این تغییرات نشانه تناوبی از آب و هوای گرم و مرطوب تا گرم و خشک در جریان رسوبگذاری سازند گچساران است.

واژه های کلیدی: میدان زیلایی، سازند گچساران، آنالیز XRF ، محیط سبخایی- لاگونی

*- نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۳۰۰۳۷۶۸ Email: Soleimani_b@scu.ac.ir

مقدمه :

سازند گچساران به عنوان پوش سنگ سازند آسماری محسوب می شود. این سازند حاوی ردیفی از سنگ های تبخیری مانند انیدریت، نمک، مارن های خاکستری و قرمز می باشد که در یک حوضه رسوبی باریک با پهنای ۱۵۰ کیلومتر و طول ۲۰۰۰ کیلومتر از الیگوسن تا میوسن تشکیل گردیده است. این سازند دارای ضخامت متغیری از ناحیه گسله کازرون تا شمال شرقی سوریه می باشد و توالی کامل آن گاهی دارای ضخامتی در حدود ۱۶۰۰ متر است(مطیعی ،۱۳۷۲). پوش سنگ‌ها در واقع سنگ‌هایی هستند که می‌توانند از حرکت رو به بالای هیدروکربن جلوگیری نمایند(اسچو والتر، ۱۹۷۹). مهمترین گروه پوش سنگ‌ها، گروه تبخیری‌ها مانند انیدریت و نمک است(کاسپرزیک، ۲۰۰۳). بخش اول سازند گچساران در منطقه زاگرس و مناطق نفت خیز جنوب از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا تفکیک کننده سازند گچساران(فشار سازندی بالا) از سازند آسماری(فشار سازندی کم تا متوسط) محسوب می شود.

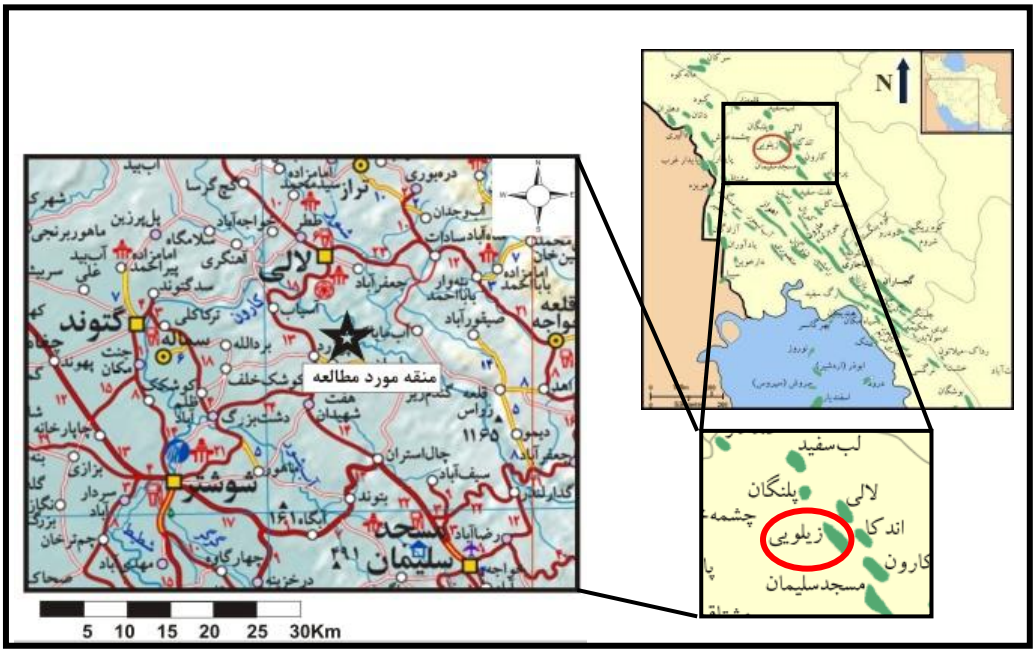
جهت بررسی تغییرات سنگ‌شناسی سازند گچساران و پوش‌سنگ، در میدان نفتی زیلایی از نمودارهای چاه پیمایی صوتی (Sonic log) و گاما (Gamma Ray) استفاده شده است.

از دیدگاه بررسی محیط دیرینه سازند گچساران، ته نشست های تبخیری برای بازسازی شرایط آب و هوایی محیط رسوبی دیرینه دارای اهمیت می-باشند، زیرا به عنوان شناساگرهایی هستند که نسبت به شرایط جغرافیایی آب و هوایی و شیمی آب حساس هستند.

هدف از مطالعه توالی سازند گچساران و پوش سنگ مخرن آسماری در میدان نفتی زیلایی با استفاده از نتایج آنالیز XRF، تفسیر محیط رسوبگذاری سازند گچساران و بررسی تغییرات حوضه رسوبی در جریان رسوبگذاری پوش سنگ و سازند تبخیری گچساران و بازسازی شرایط آب و هوایی و محیط رسوبی دیرینه آن است.

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی میدان نفتی زیلایی :

میدان نفتی زیلایی در ۳۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان مسجدسلیمان قرار گرفته است(شکل۱). در سطح زمین به صورت تاقدیسی ناهماهنگ از سازندهای گروه فارس دیده می شود (مکوندی،۱۳۷۶). در این میدان سه مخزن آسماری، بنگستان و خامی شناسایی شده است. مخزن آسماری به صورت تاقدیسی نامتقارن به ابعاد تقریبی ۴۰ کیلومتر طول و عرض ۶ کیلومتر است. غالباً با دو برآمدگی در ناحیه جنوب شرق و شمال غرب مشخص شده و بیشتر چاه های موجود نیز در برآمدگی جنوب شرق میدان حفاری شده است. میدان مذکور در سال ۱۳۵۵ با حفر چاه شماره ۵ زیلایی کشف گردیده و تا سال ۱۳۸۸، چاه‌های حفاری شده به ۱۵ حلقه چاه می رسد. این میدان از لحاظ تقسیم‌بندی تکتونیکی زاگرس در ناحیه فروافتادگی دزفول شمالی قرار داشته و از روند زاگرس تبعیت می کند. ناحیه فروافتادگی دزفول شمالی به ابعاد ۲۰۰ X ۲۵۰ کیلومتر از جنوب غرب به میدان سوسنگرد و از جنوب شرق به میدان شادگان و رامشیر و از شمال غرب به میادین کارون و لالی و از شمال شرق به میدان پر سیاه محدود می‌شود (مطیعی ،۱۳۷۲). در این ناحیه ۲۰ میدان نفتی وجود دارد.



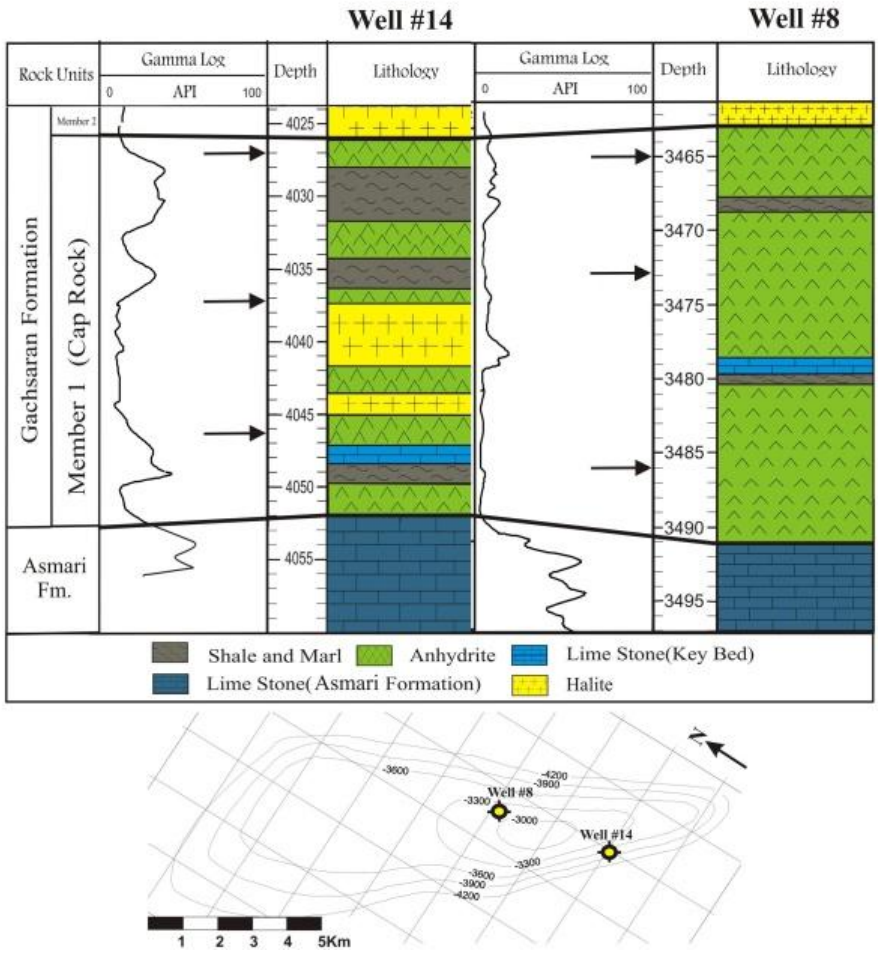
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان نفتی زیلایی و نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه (اقتباس از google maps)

روش مطالعه :

تلفیق داده های ژئوشیمیایی با سایر داده ها، اولین بار به طور رسمی با تلفیق داده های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی در سال های حدود ۶۰- ۷۰ میلادی توسط ژئوشیمیدان های اهل جمهوری چک به کار رفت. از آنجا که گاهی به منظور مطالعات ژئوشیمیایی، در بخش هایی از منطقه امکان نمونه برداری وجود ندارد و در یک میدان نفتی ممکن است در یک نقطه خاص چاهی حفاری نشده باشد. در این حالت اگر داده های ژئوفیزیکی از منطقه را داشته باشیم، می توانیم با توجه به مطالعه داده های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی یک محل نمونه برداری شده در میدان، آنرا به سایر نقاط نمونه برداری نشده تعمیم دهیم. بر این اساس تلاش گردیده است تا چاه هایی جهت مطالعه انتخاب گردند که بخش اعظمی از میدان نفتی زیلایی را تحت پوشش قرار دهند، تا بتوان بر اساس نمودارهای الکتریکی تهیه شده از چاههای حفاری شده دیگر و تفسیر لیتولوژی بخش های مختلف، مناطقی را که مطالعات ژئوشیمیایی در آن قسمت ها انجام نشده است را نیز تفسیر نمود. به منظور انجام این مطالعه پس از جمع آوری اطلاعات کلی راجع به میدان نفتی زیلایی، چاه های شماره ۸ و ۱۴ (شکل۲) انتخاب شدند. سپس به کمک نمودارهای الکتریکی پرتو گاما و صوتی سنگ شناسی واحدهای مختلف سازند گچساران و پوش سنگ در این دو چاه به دقت مطالعه و تفسیر گردید. در مرحله بعد به منظور ارزیابی ژئوشیمیایی تبخیری های پوش سنگ و مقایسه با دیگر بخش های سازند گچساران، از روش آنالیز XRF (ویلیامز، ۱۹۸۷) استفاده گردید. بر این اساس تعداد ۷ نمونه متعلق به چاه شماره ۸ (۳ نمونه انیدریت های بخش بالایی،میانی و پایین پوش سنگ-بخش ۱ سازند گچساران- و ۴ نمونه متعلق به انیدریت های بخش‌های ۲ تا ۶ سازند

گچساران) و ۷ نمونه دیگر متعلق به چاه شماره ۱۴ است. نمونه های انتخاب شده پس از جداسازی (Peaking) از لیتولوژی های همراه به آزمایشگاه شرکت تحقیقاتی کانساران بینالود در تهران ارسال و در آنجا توسط دستگاه XRF مدل Philips 1480 آنالیز شدند. نتایج آنالیزهای مربوطه در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

در جدول ۲ عناصری مانند W دارای مقادیر ثابت ۱ برای تمامی نمونه ها هستند، این بدان معنا نیست که مقدار آنها در همه نمونه ها ثابت است. بلکه در واقع این عناصر در نمونه ها به میزان بسیار کم و در حد قسمت در بلیون (ppb) می باشند. از آنجا که دستگاه XRF مقادیر کمتر از ppm ۱ را قرائت نمی کند، لذا مقدار آنها را به صورت ۱ نشان می دهد.



شکل۲- ستون چینه شناسی پوش سنگ(بخش ۱ سازند گچساران) در چاه‌های ۸ و ۱۴ میدان نفتی زیلایی، همراه با موقعیت مکانی هر دو چاه در تاقدیس زیلایی بر روی نقشه کانتور زیر سطحی راس سازند آسماری و نمایش محل های نمونه برداری شده در پوش سنگ (شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، ۱۳۸۸)

یکی از بهترین روش هایی که به منظور تحلیل داده ها و نتایج آنالیز XRF مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمایش تغییرات آنها نسبت به عمق و یا بررسی همبستگی موجود بین دو عنصر است.

طبق تعریف، همبستگی(R^2) عبارتست از سنجش تغییرات دو پارامتر نسبت به یکدیگر. بر این اساس، نتایج آنالیزهای ژئوشیمیایی نمونه ها وارد محیط Excell 2007 گردید و همبستگی عناصر

مورد نظر نسبت بـه یکـدیگر و تغییـرات برخـی از آنها نسبت به عمق، مورد بررسـی قـرار گرفـت. در نهایت بر اساس نمودارهای ترسیم شده تحلیلـی از وضعیت رسوبی سازند گچساران و پوش سـنگ در میدان نفتی زیلایی ارائه گردیده است.

جدول۱- نتایج آنالیز XRF نمونه های مورد مطالعه در چاه‌های شماره ۱۴ و ۸ میدان نفتی زیلایی بر حسب درصد

شماره چاه	ردیف	عمق (متر)	لیتولوژی	عناصر بر حسب درصد (٪)												
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na	Cl	K_2O	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5	BaO	SO_3
زیلایی ۱۴	۱	۳۸۰۰	انیدریت بخش ۶-۲	۰,٦۱	۰,۲۷	۰,۰٤	۱,۵۲	۳٦,۵٤	۵٦,۷۸	۰,۰۱	۰,٤۲	۰,۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۲۵	۰,۹۳۳	۲,٦۳
	۲	۳۸٦۲	انیدریت بخش ۶-۲	۱٤,٤۲	۳,۱۹	۲,۲٦	۵,۳۳	۱٦,۲۵	۲۵,۳۵	۰,٦۹	٦,۸۲	۰,۱۲۹	۰,۲۵۲	۰,۰٦۲	۲,۷۹٤	۷,۱۵
	۳	۳۹۱۲	انیدریت بخش ۶-۲	۲۰,۹٤	٦,۵۷	۳,۱۱	۱۲,۰۳	٦,٤۲	۱۰,۲	۱,۲۸	٦,۱٦	۰,۲۸۱	۰,۰۵۸	۰,۰۸۲	۲,۸۲	۱۵,۱
	۴	۳۹۹۹	انیدریت بخش ۲ گچساران	۲,۸۹	۰,٦۷	۰,۹۱	۳۳,۳۷	۳,٦۹	۵,۷۸	۰,۱٤	۱,۰۹	۰,۰۵۲	۰,۰۰٦	۰,۰۲۹	۱,۰۱	٤٦,۸۱
	۵	٤۰۲۷	انیدریت بالای پوش سنگ	۱۸,٤٦	۵,۰۱	۵,۰۵	۲۱,۸۳	۰,۷۱	۰,۹۱	۰,۸۷	۵,۱٦	۰,۲۰۲	۰,۰٦٤	۰,۰۸۹	۵,۳۱	۲۳,٦۵
	۶	٤۰۳۷	انیدریت وسط پوش سنگ	٦,٤٤	۱,۳٦	۰,۹۸	۳,۹۵	۲۷,۷۲	٤۳,۳٤	۰,۱٦	۳,۱۳	۰,۰٤۲	۰,۰۲۵	۰,۰٤۷	۰,٦۱۳	٤,۹۸
	۷	٤۰٤٦	انیدریت پائین پوش سنگ	٤,۲۷	۰,۷۷	۱,۰٤	۳٦,۷۵	۰,۳٦	۰,٤۵	۰,۱۷	۳,۵۸	۰,۰۵۳	۰,۰۰۱	۰,۰۳۱	۰,۹۳٦	٤۱,۹۳
زیلایی ۸	۸	۳۱٤۷	انیدریت بخش ۶-۲	۲۰,٦۷	٦,۰٦	۵,٤۹	٦,۹۸	۱۰,۰٦	۱۵,۲۱	۰,۸۹	۹,۱۷	۰,۱۹۱	۰,۰۲۳	۰,۰۹۱	٦,٤۵۳	۸,۳۷
	۹	۳۳۰۱	انیدریت بخش ۶-۲	۱٤,۳٤	۳,٦۸	۲,٤۷	۱۸,۷۳	۷,۱۷	۱۰,۸۱	۰,۵۷	۵,۹۵	۰,۱۷۷	۰,۰۲۷	۰,۰۸٦	٤,۲۸	۱۷,۰۹
	۱۰	۳۳۹۷	انیدریت بخش ۶-۲	۱۲,٤۸	۲,٦٦	۱,٤٦	۲۱,۰٤	۲,۲٤	۳,۳	۰,۹۳	۹,۳٦	۰,۱۵۱	۰,۰۵۷	۰,۱۰۸	۱,۸۱	۲٤,۱۳
	۱۱	۳٤۳۳	انیدریت بخش ۲ گچساران	۰,٦۱	۰,۵۷	۳,۰٦	۲۹,۵۲	٦,٤۲	٦,۸۱	۰,۱۳	۱,۳۳	۰,۰۵۳	۰,۰۰۹	۰,۰۳	۳,۱۱	٤٤,۵۱
	۱۲	۳٤٦۵	انیدریت بالای پوش سنگ	۰,٦۷	۰,۳	۰,۸۸	۳۳,۵۵	٤,٤٤	٦,۹۳	۰,۰٦	۰,۸٦	۰,۰٤۱	۰,۰۰۱	۰,۰۲۷	۳,۲۵	٤٦,٦۲
	۱۳	۳٤۷۳	انیدریت وسط پوش سنگ	۰,۹٤	۰,۳۵	۱,۰۲	۲۷,۷۹	۸,۸٤	۱۳,۸۱	۰,۰٦	۰,۸۱	۰,۰۲۹	۰,٤۲۵	۰,۰۳٦	۳,۳	۳۹,۹۹
	۱۴	۳٤۸٦	انیدریت پائین پوش سنگ	۱,٦۷	۰,۲۵	۰,۹۹	۳۱,۰۵	۲,۳۵	۳,٦۵	۰,۰٤	۲,۵۸	۰,۰۲۹	۰,۰۰۱	۰,۰۲٤	۳,۰٦	۳۹,۲۱

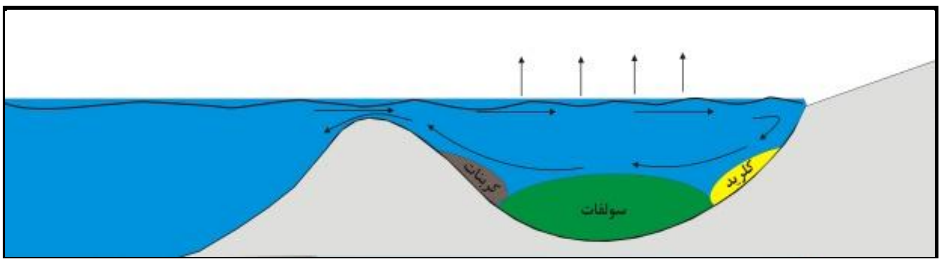
جدول۲- نتایج آنالیز XRF نمونه های مورد مطالعه در چاه‌های شماره ۱۴ و ۸ میدان نفتی زیلایی بر حسب ppm

شماره چاه	ردیف	عمق (متر)	لیتولوژی	عناصر بر حسب پی پی ام (ppm)																
				Sr	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	V	Ce	La	W	Nb	Zr	Y	Rb	Co	As	Th
زیلایی ۱۴	۱	۳۸۰۰	انیدریت بخش ۶-۲	۱۹۹	۳	۱٦	۱۱۰	۲۱	٦	۱۹	۲	۱	۱	۹	۷۱	۳	۱۲	۳	۳	۱
	۲	۳۸٦۲	انیدریت بخش ۶-۲	٦۲۸	۱٦٦	۸۰	۵۱۱	٤٦	۳۵	۵۷	۲	۱	۱	۳	۱٤۲	٤	۲٦	۵	۲	۱
	۳	۳۹۱۲	انیدریت بخش ۶-۲	۱٤۱۷	۲۱٤	۱۰۷	٤۷۹	٦۱	٦۳	۷۷	۳	۱	۱	۱٦	۲۱۳	۱	۲۸	۱	٤	۲
	۴	۳۹۹۹	انیدریت بخش ۲ گچساران	۷۵۷۱	۷	۸	۱۲٦	۲٦	۲	۱۷	۳	۱	۱	۱۵	۷٤۳	۲	۲	۳	۱	۳
	۵	٤۰۲۷	انیدریت بالای پوش سنگ	۱۷۱۲	۲۸۱	۸٤	٦۳٦	٤۹	۵٦	۵٦	۳	۱	۱	۲	۲۰۹	۵	۱۸	٤	۱	۲
	۶	٤۰۳۷	انیدریت وسط پوش سنگ	۱۹۱	۱۱	۱۵	۱۳۹	۳۱	۹	۲۰	٤	۲	۱	۱۷	۷۰	۲	۱۹	۲	۱	۱
	۷	٤۰٤٦	انیدریت پائین پوش سنگ	۲۲۱۳	۵۹	۷۵	۲۵۷	۲۱	۷	۲۲	۲	۱	۱	۵	۲۳۳	۱	۱۰	۱	۲	۱
زیلایی ۸	۸	۳۱٤۷	انیدریت بخش ۶-۲	۱۱۸۰	۱٦۷	٤۱۳	۸٦۱	۲۵	۲۸	۱۰۸	۲	۱	۱	۱۰	۲۱۷	۳	۲۱	۲	۳	۱
	۹	۳۳۰۱	انیدریت بخش ۶-۲	۱۱۹٤	۸٤	۲۲۲	٦۰۹	۳۲	۱۵	٦۸	۳	۱	۱	٤	۱۷٤	۲	۲۳	۱	۲	۲
	۱۰	۳۳۹۷	انیدریت بخش ۶-۲	۱۲۲۷	٦۵	۲۳۵	۱۰۲٦	۳۰	۱٦	۳۹	۲	۱	۱	٦	۱٦۸	۱	۲٤	۳	۲	۱
	۱۱	۳٤۳۳	انیدریت بخش ۲ گچساران	۱٤٦۵	۲۵۵	۳۳۷	۵٤۱۳	۲۸	۱۹	۳۸	۲	۱	۱	٦	۱۵۲	۱۰	۱۵	۱	۳	۳
	۱۲	۳٤٦۵	انیدریت بالای پوش سنگ	۱٦۲٤	۱۰۷	۱٤٦	۱۱٦۹	۲۰	٦	۳۱	۲	۱	۱	٤	۱٦۷	۳	۱۳	٤	۳	۱
	۱۳	۳٤۷۳	انیدریت وسط پوش سنگ	۱۳۷۳	۱۱٤	۱۷۷	۱۸٦٤	۲۳	۵	۲۷	۳	۱	۱	۱۱	۱٤۵	٤	۱۳	۱	۱	۲
	۱۴	۳٤۸٦	انیدریت پائین پوش سنگ	۲٦٦۱	۱	۵۵	۲۵۵	۲۸	٤	۹	۳	۱	۱	۱	۲۷٦	۲	٦	۲	٤	۳

بحث:

نهشته های تبخیری دارای اهمیت زیادی از جهات مختلف زمین شناسی همانند مطالعه اقلیم دیرینه و شرایط حاکم بر محیط های رسوبی می باشند. در یک حوضه با ارتباط محدود به دریا، هنگامی که آب دریا در شرایط طبیعی تبخیر شود، کربنات

کلسیم اولین جامدی است که جدا می شود. در پی ته نشست کربنات کلسیم ممکن است دولومیت ته نشین شود، ولی هیچ مدرکی دال بر نهشته های گسترده دولومیت از این طریق در دست نیست. در واقع تبخیر آب دریا در یک حوضه بسته نمی تواند نهشته های کربناتی ضخیمی را به وجود آورد. با ادامه تبخیر، سولفات کلسیم نهشته می شود، که بسته به دما و شوری، ژیپس یا انیدریت ممکن است شکل گیرند. در مرحله آخر هالیت شروع به جدا شدن کرده و ته نشین می شود. لذا اغلب نهشته‌های تبخیری کربنات کلسیم، سولفات کلسیم و کلرور سدیم دارند. تنها در شرایطی که حجم محلول تبخیری به ۱/۵۴٪ حجم اصلی کاهش یابد، نمک‌های پتاسیم و منیزیم شروع به تبلور می کنند (تاکر، ۲۰۰۱)(شکل۳).



شکل۳- مدل شماتیک از وضعیت رسوبگذاری در یک حوضه رسوبی با ارتباط محدود به دریا (تاکر، ۲۰۰۱)

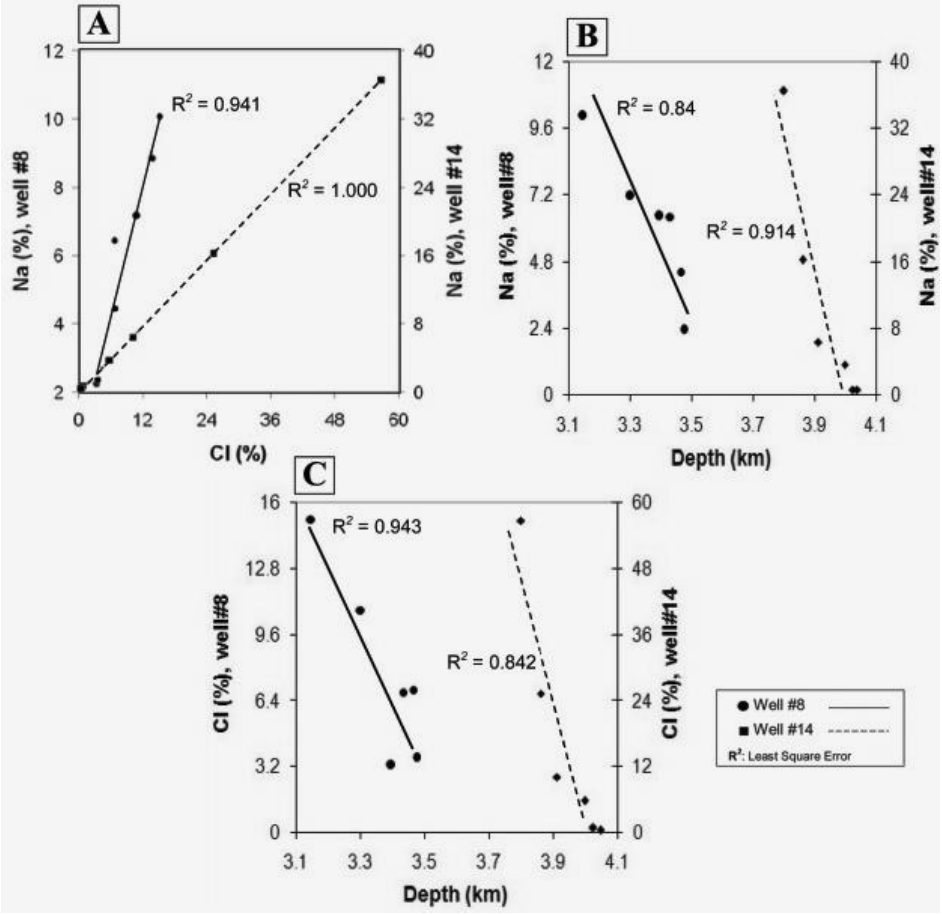
بر طبق مطالعات انجام شده در انباشته‌های نمک با سنین مختلف ترکیب آب دریا از زمان کامبرین تغییر چندانی نکرده است (اسچرول، ۱۹۷۵). عمده ترین عناصر کمیاب در نمک های دریایی عبارتند از: Rb, Cs, Sr, B, Br. دیگر عناصر موجود در نمک‌های دریایی مانند Li, Zr, Cr, Fe, Cu, Th Mn,V, As در صورتی که به موادی از اجزای سنگ آواری متعلق باشند می توانند تا حدود ضریب ۱۰۰ در مقایسه با محتوای آنها در آب دریا افزوده شوند.

نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان دهنده این است که عناصر Cl و Na و بویژه اکسیدهای CaO و SO_3 غالب ترین اجزای تشکیل دهنده سازند گچساران و پوش سنگ هستند. کانی هایی که عمدتا از ترکیب این عناصر و اکسیدها بدست می آیند، نمک و انیدریت می باشند. این موضوع حاکی از این است که پوش سنگ در میدان نفتی زیلایی عمدتاً از انیدریت تشکیل گردیده و در زمره پوش سنگ های انیدریتی قرار می گیرد.

همچنین مقادیر بدست آمده برای افق های مختلف پوش سنگ در چاه های ۸ و ۱۴ بسیار مشابه یکدیگر است، که این موضوع می تواند بیانگر این باشد که در زمان نهشته شدن پوش-سنگ، در بخش های مختلفی از محیط رسوبی پوش سنگ شرایط رسوبی یکسانی حکمفرما بوده است. همان طور که در شکل A–۴ مشاهده می شود، عناصر Na و Cl در هر دو چاه ۸ و ۱۴ دارای همبستگی بسیار خوبی با یکدیگر می باشند، به نحوی که رابطه خطی و مستقیم را نشان می دهند. لذا همبستگی بالای این دو عنصر نشان دهنده این مطلب است که بخش اعظم سدیم موجود در حوضه رسوبی سازند گچساران با کلر ترکیب شده و صرف رسوبگذاری نمکهای آن گردیده است.

در چاه شماره ۱۴ با کاهش عمق، میزان کلر افزایش یافته است، که نشانه تغییر شرایط محیط از رسوب انیدریت به رسوب هالیت در بخش های فوقانی سازند گچساران است. به عبارت دیگر

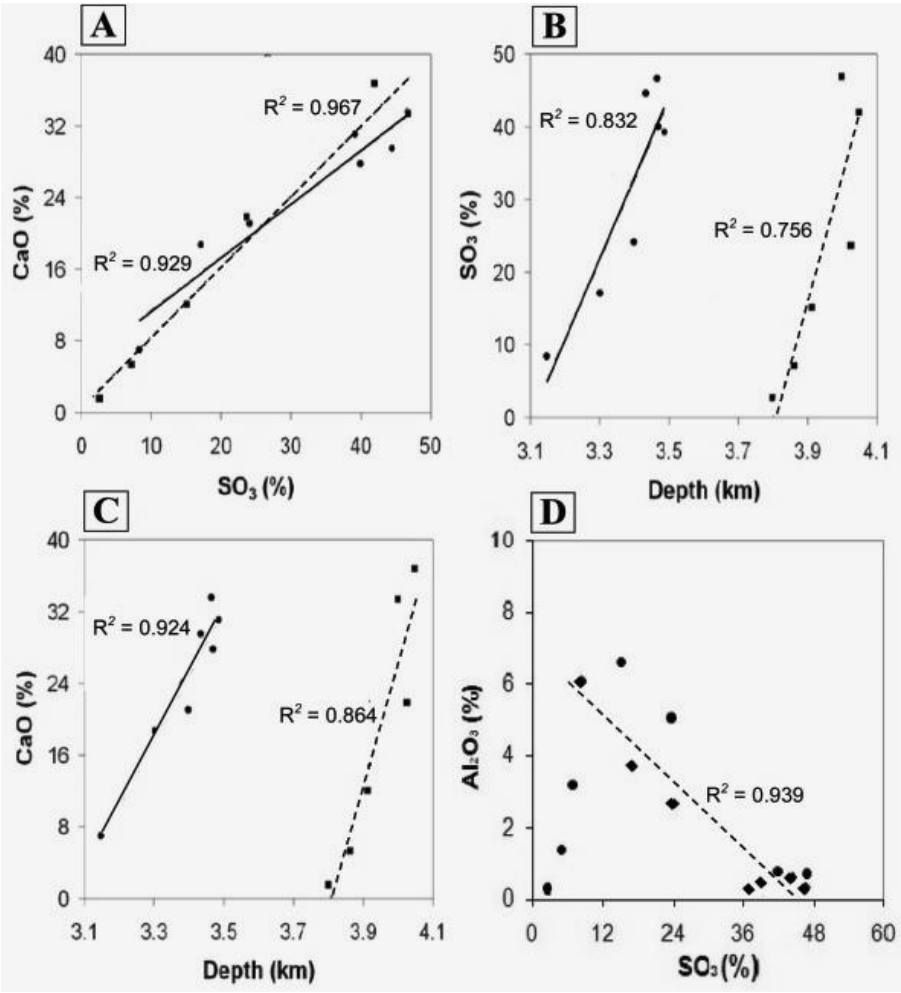
تغییر شرایط با کاهش عمق حوضه همراه است. هر چند میان لایه هایی از افزایش کلر که به احتمال زیاد به صورت کلرید سدیم است، در بخش های عمیق دیده می شود که می تواند نشانه تغییرات موضعی و نوسانات حوضه باشد. در چاه شماره ۸ نیز علی رغم افزایش تغییرات کلر به سمت راس پوش سنگ، نمونه هایی یافت می شود که در عمق دارای مقدار بالای کلر (به صورت کلرید سدیم) است. تغییرات کلر نسبت به عمق در چاه شماره ۸ و ۱۴ با تغییرات سدیم نسبت به عمق همخوانی دارد. بنابراین فاز کانی هالیت تنها کانی مصرف کننده کلر می تواند در نظر گرفته شود(شکلB,C-۴).



شکل۴- نمودارهای تغییرات: A- سدیم در مقابل کلر B- کلر با افزایش عمق C- سدیم با افزایش عمق و همخوانی با تغییرات کلر، در چاه‌های ۸ و ۱۴

در دو چاه ۸ و ۱۴ همبستگی خوبی میان دو عنصر CaO و SO_3 مشاهده می شود. این امر نشان دهنده آن است که تقریبا تمامی کلسیم موجود در محیط، به صورت اولیه و به شکل سولفات کلسیم برجای گذاشته شده است. وجود روندهای منظم تغییرات CaO و SO_3 نسبت به عمق مشخص کننده این موضوع است که به لحاظ ترکیب، اختلاف بارزی میان انیدریت های سازند گچساران در این میدان وجود ندارد و از سوی دیگر تطابق روند تغییرات CaO به SO_3 نشانه شرکت عنصر Ca در ساختمان ژیپس است (شکل A-۵).

تغییرات افزایشی یون سولفات و کربنات متناسب با افزایش عمق در نمونه‌های بررسی شده دو چاه نشان دهنده تمرکز انیدریت در بخش‌های قاعده پوش سنگ بوده که در بخش های بالایی به کلرید(نمک) تبدیل می شود. هرچند در چاه شماره ۱۴ در عمق زیاد در بعضی از نمونه‌ها مقدار سولفات کاهش را نشان می دهد (شکل B, C-۵). تغییرات Al_2O_3 به SO_3 روند منفی را نشان می دهد. این موضوع در چاه ۱۴ بدلیل تغییرات دگرشکلی لایه ها، نامنظم می گردد (شکل D-۵).



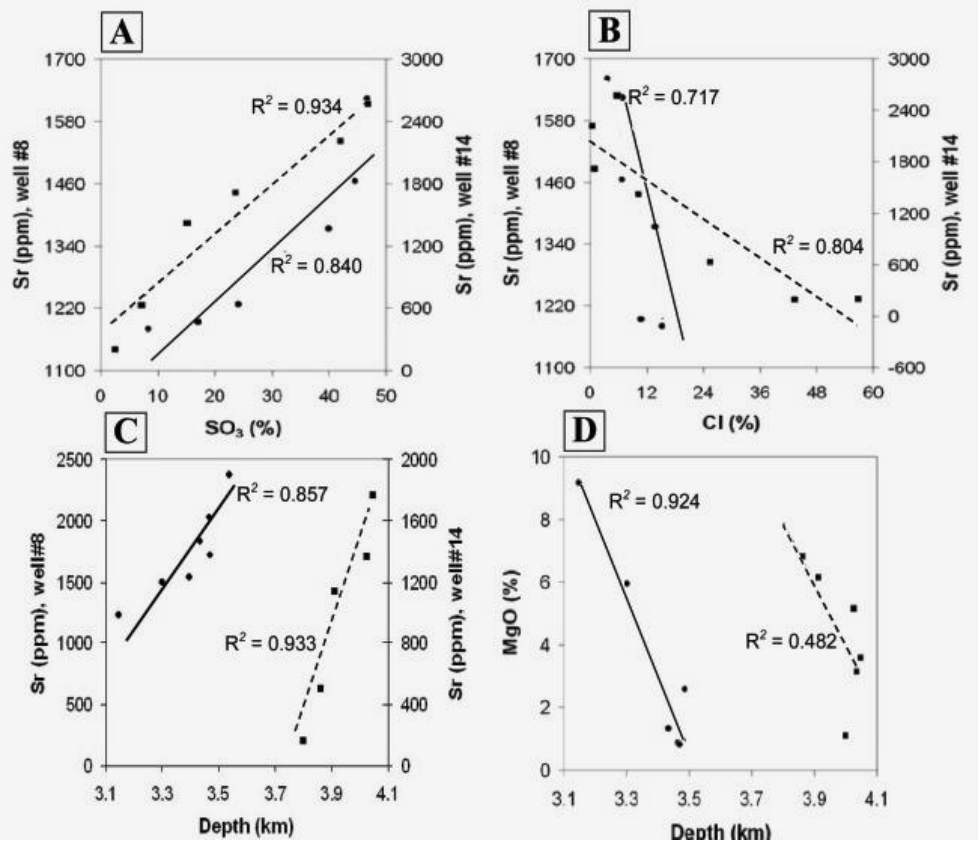
شکل۵- نمودارهای تغییرات: CaO -A و SO_3 و همبستگی نزدیک آنها B,C- روند کاهشی سولفات و کربنات متناسب با افزایش عمق Al_2O_3 –D و SO_3 در چاه ۸ و همبستگی نزدیک آنها و در مقابل تغییرات نا منظم این دو عنصر، در چاه ۱۴

مقدار عنصر استرانسیم در نمونه های متعلق به چاه شماره ۸ بین ppm ۱۱۱۴ تا ppm ۲۶۶۱ تغییر می کند و میانگین آن در حدود ppm ۱۸۸۷ است. این در حالی است که میزان عنصر استرانسیم در نمونه های چاه شماره ۱۴ بین ppm ۱۹۱ تا ppm ۷۵۷۱ تغییر می‌کند. بر پایه مطالعات یوس دووسکی (۱۹۶۷)، مقدار استرانسیم موجود در اولین ته نشست های ژیپس در حدود ppm ۱۴۰۰ است. هنگام تبدیل ژیپس به انیدریت در ۶۰ درجه سانتی گراد، مقدار

استرانسیم بدون تغییر می ماند. ژیپس تا حدود ۰/۹۵۷ درصد و انیدریت تا ۱/۲۷ درصد استرانسیم دریافت می‌کند و پس از آن در مقادیر بیشتر استرانسیم، این عنصر به راحتی جایگزین Ca^{+2} شده و به صورت سلستیت($SrSO_4$) رسوب می‌کند(آدابی،۱۳۸۳). کاهش محتوای استرانسیم نشانه تشکیل ژیپس ثانویه است(یوس دووسکی،۱۹۶۷). فراوانی سلستیت در برخی از بخش های سازند گچساران به حدی بالاست که در برخی مناطق، این سازند را به یک منبع اقتصادی به منظور استخراج آن تبدیل ساخته است (شکلA-۶).

همچنین تغییرات افزایشی استرانسیم نسبت به روند کاهشی کلر در هر دو چاه تطابق خوبی را نشان می دهد و میزان بالای آن نشان دهنده شرایط دریایی در محیط است ولی در شرایط مردابی میزان آن کاهش می یابد (شکلB-۶).

همان طور که در شکل‌های C ,D-۶ مشاهده می شود، تغییرات کاهش منیزیم و افزایش استرانسیم نسبت به افزایش عمق، نشان دهنده ایجاد شرایط دریایی در قاعده است که به سمت سطح بر میزان شوری افزایش یافته و شرایط آب و هوایی گرم و خشک با کاهش عمق مشاهده می شود.



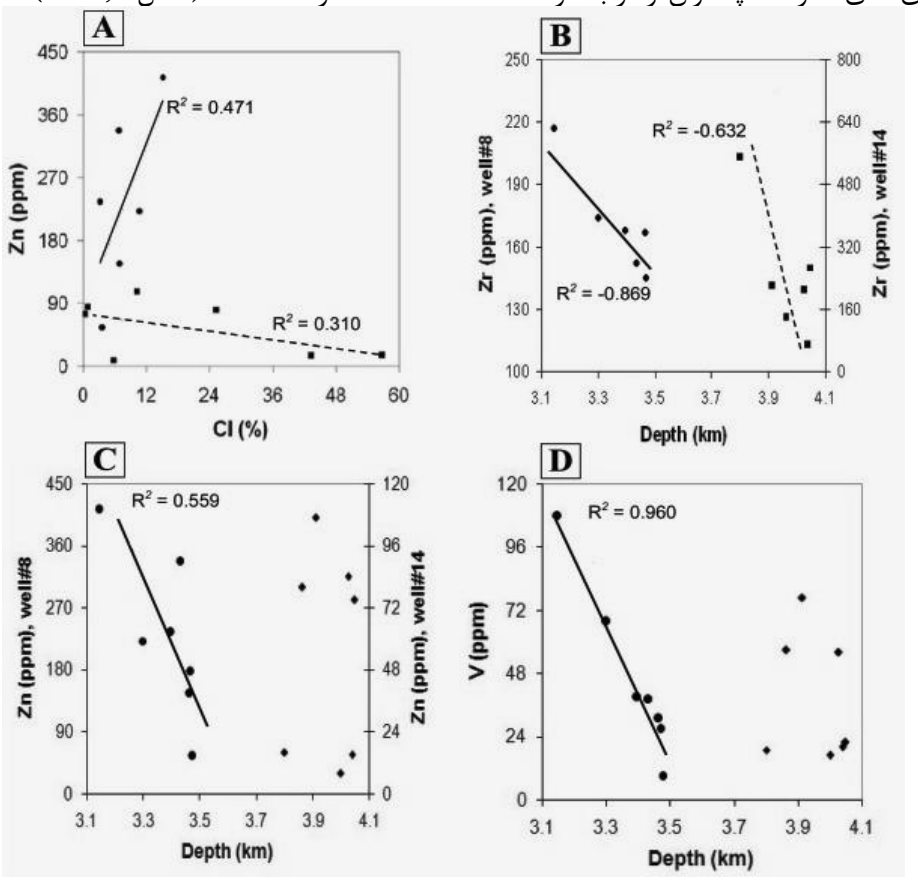
شکل۶ - نمودارهای تغییرات: A- عنصر استرانسیم نسبت به اکسیدگوگرد B- استرانسیم نسبت به کلر و شیب منفی نمودار C,D- استرانسیم و اکسید منیزیم در برابر عمق، در چاه‌های ۸ و ۱۴

در میان عناصر فرعی نیز روند افزایشی پنج عنصر Zn، Nb، V، Cr و Zr نسبت به کاهش عمق چشمگیر است. همانطور که در تصاویر B,C,D–۷ و A,B–۸ مشاهده می شود، از بخش‌های بالایی سازند گچساران به سمت افق‌های پایینی و پوش-سنگ، به طور یکنواخت از میزان عناصر Zn، Zr، Nb، V، Cr کاسته شده است. حضور این عناصر در محیط‌های تبخیری متداول می باشد (وارن، ۲۰۰۶) و فراونی آنها وابسته به اسیدیته (pH) محیط است. در شرایطی که محیط اسیدی باشد (pH<7)، روی می‌تواند به صورت هیدروکسید ($ZnOH_2$) نهشته شود و شرایط قلیایی محیط (pH>7)، میتواند سبب رسوب ZnCl گردد. با توجه به همبستگی بالای دو عنصر Zn و Cl در نمونه‌های مورد مطالعه (شکلA-۷) می توان اظهار داشت که روی به صورت کلریدی در تبخیری های سازند گچساران رسوب کرده است.

این موضوع صحت pH بالای محیط را در زمان رسوبگذاری این سازند اثبات می نماید.

در مورد منشا این عناصر اظهار شده است که صعود سیالات کانی زا و واکنش آنها با لایه های انیدریت، می تواند در تمرکز آنها نقش داشته باشد (وارن، ۲۰۰۶). احیای باکتریایی سولفات در زمان رسوبگذاری پوش سنگ نیز ممکن است علاوه بر تمرکز باریم و تشکیل باریت ($BaSO_4$)، در شکل گیری کانی های گالن (PbS)، اسفالریت (ZnS) و سلستیت در محیط نقش داشته باشد (وارن، ۲۰۰۶).

تغییرات افزایشی وانادیوم و روی با کاهش عمق نشانه افزایش درجه شوری در جریان رسوبگذاری پوش سنگ است. در چاه شماره ۸ تغییرات منظم تر است ولی در چاه شماره ۱۴، نامنظم است. یکی از دلایل آن تاثیر تغییر شکل و گسل در چاه شماره ۱۴ است (شکلC,D– ۷).

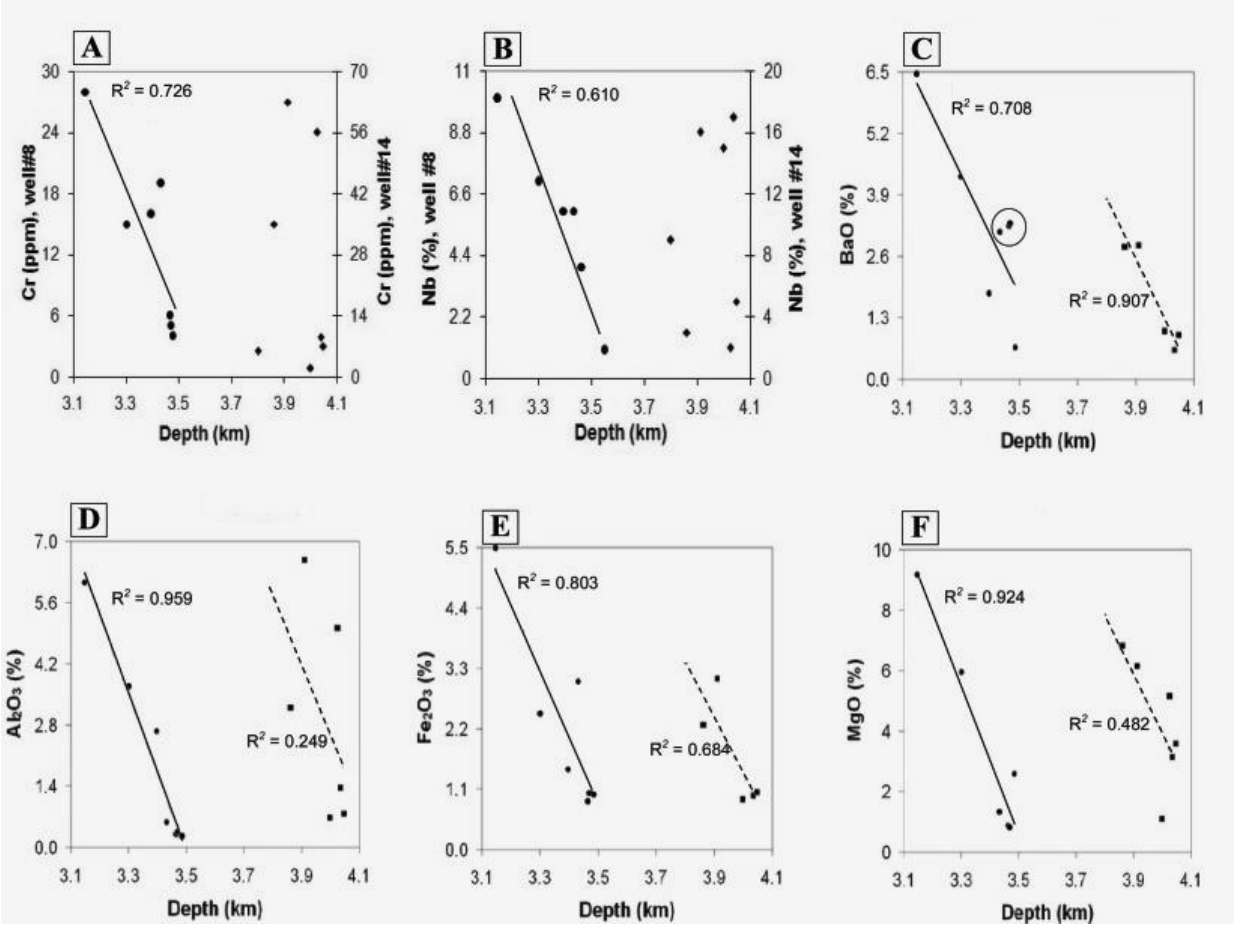


شکل۷- نمودارهای تغییرات: A- عنصر روی در مقابل کلر B- عنصر زیرکونیم در برابر عمق C,D- روی و وانادیوم در برابر عمق، در چاه‌های ۸ و ۱۴

تغییرات Cr و Nb نیز با کاهش عمق در چاه شماره ۸ روند افزایشی را نشان می دهد که متناسب با درجه شوری است. این عناصر نیز در چاه شماره ۱۴ روندهای نامنظمی را نشان می دهند (شکلA,B– ۸).

افزایش باریم با کاهش عمق بطور نسبی در هر دو چاه همبستگی را با رسوب کلرید نشان می دهد. این موضوع بیان کننده آن است که باریم مایل است در آخرین فاز کانی شرکت نماید، که بصورت کلرید در ساختمان کربنات ها وارد می شود. از آنجا که میزان باریم موجود در انیدریت های پوش سنگ در چاه شماره ۸ به طور متوسط در هر سه بخش فوقانی، میانی و تحتانی در حدود ۳/۲ ٪ است، نشان دهنده ثبات و یکنواختی عمق حوضه در زمان ته‌نشینی پوش سنگ (بخش ۱ سازند گچساران) می باشد (شکلC– ۸).

روند تغییرات Al_2O_3 و Fe_2O_3 و MgO نیز نسبت به کاهش عمق در هر دو چاه مورد مطالعه، مثبت بوده و نشانه شرایط قلیایی(احیایی) حاکم بر محیط رسوبی بوده که از ویژگی های پهنه های لاگونی محسوب می شود (شکل D,E,F–۸).

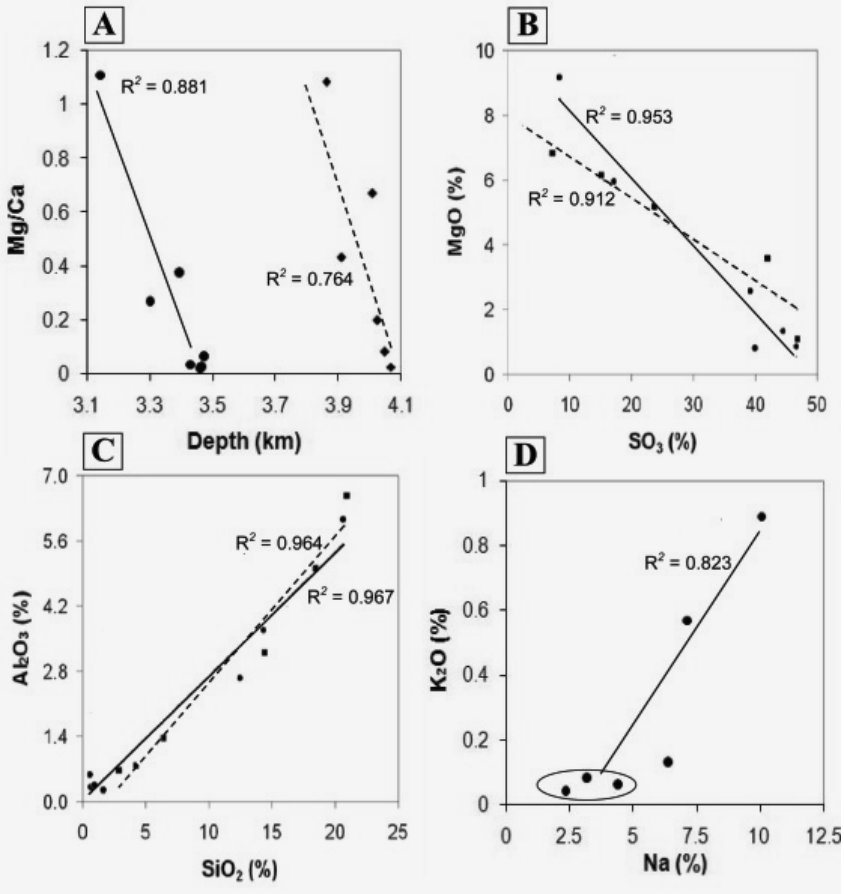


شکل۸- نمودارهای تغییرات: Cr -A,B و Nb در برابر عمق C– اکسید باریم در برابر عمق D,E,F– اکسید آلومینیوم، اکسید آهن و اکسید منیزیم در برابر عمق، در چاه‌های ۸ و ۱۴

روند تغییرات Mg/Ca نسبت به عمق (شکل- A ۹) نشان دهنده روند منفی است. این موضوع حاکی از آن است که در جریان رسوبگذاری پوش سنگ، در ابتدا درجه شوری بالا نبوده است ولی به

سمت راس پوش سنگ بر میزان شوری افزوده شده است. این امر نیز وجود حوضه محدود به دریا را در ایجاد توالی پوش سنگ قوت می بخشد. بنابراین در حوضه بسته و جدا شده از دریا، به دلیل رسوب یون های Ca^{+2} در مناطق نزدیک به حوضه به شکل ژیپس و انیدریت، آب دریا نسبت به منیزیم غنی می شود. لذا آبی که در مرحله بعد به حوضه وارد می شود، میزان Mg بیشتری را دارا می باشد. این امر در ایجاد دولومیتی شدن در کربنات ها عامل اصلی به حساب می آید.

همبستگی خوب MgO و SO_3 از یک سو و روند تغییرات مثبت MgO نسبت به عمق، نشانه شرایط گرم و خشک در سبخای تبخیری دور از اقیانوس می باشد. در این مناطق ندولهای تبخیری تا درون سنگی غنی از $MgSO_4$ در بالای فرش های کربناته-ژیپسی ناشی از موجودات ذره بینی در منطقه بین جزر و مدی به صورت لامینه ای تشکیل می شوند (تاکر، ۲۰۰۱) (شکل B–۹).



شکل۹- نمودارهای تغییرات: Mg/Ca -A در برابر عمق MgO -B نسبت به SO_3 SiO_2 –C نسبت به Al_2O_3 (همبستگی نزدیک این دو عنصر در بخشهای ۲ تا ۶ سازند گچساران نشان دهنده محیط گرم و خشک و ورود سیلیس به حوضه است. تغییرات جزئی این دو عنصر در پوش سنگ قابل توجه است). Na -D نسبت به K_2O (همبستگی نزدیک این دو عنصر در بخشهای ۲ تا ۶ سازند گچساران در چاه ۸ موید افزایش تبخیر و گرم‌تر شدن محیط است)، در چاه‌های ۸ و ۱۴.

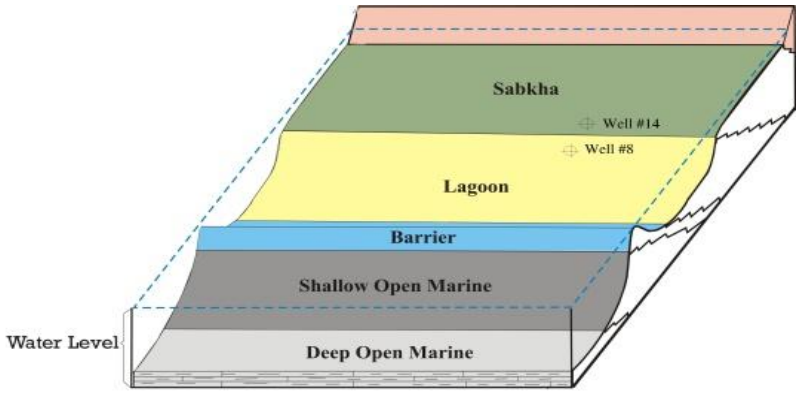
نتایج حاصل از بررسی میزان همبستگی عناصر SiO_2 با Al_2O_3 و Na با K_2O اطلاعات با ارزشی را در رابطه با محیط رسوبی پوش سنگ و بخش-های مختلف سازند گچساران ارائه می‌دهد. همبستگی بالای عناصر SiO_2 و Al_2O_3 در بخشهای ۲ تا ۶ سازند گچساران نشان دهنده محیط گرم و خشک و ورود نهشته های حاوی سیلیس نظیر ماسه به حوضه و آزاد شدن SiO_2 و جانشینی آن در انیدریت‌های سازند گچساران می‌باشد که این موضوع با توجه به آن که در شرایط مناسب Al می‌تواند به راحتی جانشین Si شود محتمل به نظر می‌رسد. فراوانی و همبستگی بالای اکسید آلومینیوم با عنصر سیلیس در افقهای ۲ تا ۶ سازند گچساران موید آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. این در حالی است که در نمونه های متعلق به پوش سنگ فراوانی این دو عنصر ناچیز است(شکل C-۹). وزش بادهای غالب معمولاً سرعت تبخیر را در سبخای ساحلی افزایش می‌دهد. معمولاً جریان‌های بادی که به سمت خشکی می‌وزند می‌توانند سبب انتقال کربنات‌های لاگون به منطقه سبخا شده و در مواقع دیگر بادهایی که از خشکی به سمت دریا می‌وزند قادرند ماسه‌ها را به سبخا منتقل نمایند. از این رو می توان وجود آثاری از کوارتز را که در بخش‌های تبخیری پوش سنگ مشاهده شده، توجیه نمود. در واقع می‌توان چنین اظهار داشت که رسوبات سبخا از دو منشا تامین شده‌اند: (الف) کربناتهایی که از لاگون منشأ گرفته اند و (ب) رسوبات سیلیسی- آواری که از طرف خشکی و مطابق با آنچه اشاره شد، می‌توان گفت که پوش سنگ میدان نفتی زیلایی در یک پهنه سبخایی-لاگونی تشکیل شده است. رسوبگذاری مارن و کربنات‌های محیط لاگونی (بصورت پکستون و وکستون فسیل دار) و پهنه جزر و مدی (بصورت مادستون فسیل دار) در مراحل پیش روی دریا انجام گردیده اند. شرایط آب و هوایی گرم و خشک و افزایش تبخیر، سبب ایجاد سیکل پسروی شده و محیطی سبخایی گسترش یافته است. سپس با افزایش غلظت شورابه در این دور از ساحل به سبخا می‌رسند. لازم به ذکر است که ریزش باران نیز عاملی است که قادر است در انتقال رسوبات قاره ای به داخل سبخای ساحلی-دریایی تاثیر گذار باشد.

همبستگی عناصر Na و K_2O نشان دهنده این مطلب است که با افزایش سدیم در محیط میزان پتاسیم نیز افزایش یافته است. این امر در بخش های ۲ تا ۶ سازند گچساران به خوبی مشهود است. در حالی که در نمونه های متعلق به پوش سنگ فراوانی این دو عنصر ناچیز است. از آنجا که کلریدهای سدیم و پتاسیم نشان دهنده شرایط خشکسالی و نرخ‌های بالای تبخیر در محیط می-باشند (تاکر، ۲۰۰۱)، لذا می‌توان چنین نتیجه-گیری کرد که از بخش ۲ به سمت بخش ۶ محیط به تدریج به سمت آب و هوای خشک تر و گرم تر پیش رفته است(شکل D-۹).

شرایط موجود و تغییرات مشخص شده در شکل ۹ نشان دهنده محیط سبخای ساحلی جهت رسوبگذاری بخش ۲ تا ۶ سازند گچساران می-باشد. این در حالی است که بر اساس آن چه پیش‌تر ذکر شد، رسوبگذاری پوش سنگ (بخش ۱ سازند گچساران) در میدان نفتی زیلایی در محیط لاگونی و با ارتباط محدود به دریا رخ داده است. بر این اساس مدل شماتیکی از وضعیت حوضه پس از رسوبگذاری کربنات‌های سازند آسماری در زمان نهشته شدن تبخیری‌های سازند گچساران ارائه شده است و با توجه به روند تغییرات عناصر فوق الذکر موقعیت هر دو چاه نیز مشخص گردیده است (شکل ۱۰).

محیط، رسوب ژیپس در بخش میانی حوضه رسوبی شکل گرفته و به دنبال افزایش درجه شوری و فشار اندک دی اکسید کربن، سبب در نهایت با پسروی دریا و قطع ارتباط حوضه رسوبی با آن، توالی ضخیم نمک سازند گچساران در حوضه نهشته شده است. این تغییرات نشان دهنده این است که رسوبگذاری تبخیری‌های پوش سنگ در محیط سبخایی-لاگونی(حاشیه ای) و حوضه‌های پلاتفرمی نزدیک به ساحل صورت گرفته است. این توالی‌ها به سمت رأس ناپایدار شدن ژیپس و تشکیل انیدریت به صورت ندول‌های سبخایی مجزا و به هم پیوسته به صورت ریز بلورگردیده است.

پوش سنگ نشان دهنده کم عمق شدن حوضه بوده و می توانند در نتیجه تکرار در طغیان و کاهش سطح آب در سبخای ساحلی، دریاچه‌های تبخیری موقت و لاگون تشکیل شوند، ضمن آن که فراوانی رسوبات تبخیری سازند گچساران می تواند نشان دهنده محصور شدن حوضه و تغذیه دوره‌ای توسط آب دریا باشد.



شکل۱۰- تصویر سه بعدی شماتیک از مدل رسوبی دیرینه سازند گچساران در میدان نفتی زیلایی که در آن موقعیت دیرینه چاه‌های ۸ و ۱۴ که به ترتیب نماینده یال شمال و جنوبی میدان می باشند مشخص گردیده است.

نتیجه گیری:

نتایج حاصل از مطالعه تبخیری‌های سازند گچساران در میدان نفتی زیلایی به شرح ذیل می باشد:

۱- پوش سنگ میدان نفتی زیلایی عمدتا از انیدریت تشکیل گردیده و در زمره پوش سنگ-های انیدریتی قرار می گیرد.

۲- روند تغییرات یون سولفات در نمونه‌های بررسی شده نشان دهنده تمرکز انیدریت در بخش‌های قاعده پوش سنگ بوده که در بخش-های بالایی توسط کلرید(نمک) جانشین می شود.

۳-تغییرات کاهش منیزیم و افزایش استرانسیم نسبت به افزایش عمق، نشان دهنده ایجاد شرایط دریایی در قاعده سازند تبخیری گچساران است که به سمت سطح میزان شوری افزایش یافته و شرایط آب و هوایی گرم و خشک با کاهش عمق مشاهده می‌شود.

۴-تغییرات افزایشی وانادیوم و روی با کاهش عمق نشانه افزایش درجه شوری در جریان رسوبگذاری سازند گچساران است و روند نامنظم آن در چاه شماره ۱۴ تاثیر تغییر شکل و گسل خوردگی را در منطقه مشخص ساخته است.

۵-روند تغییرات Al_2O_3 و Fe_2O_3 و MgO نیز نسبت به کاهش عمق، مثبت بوده و نشانه شرایط قلیایی(احیایی) حاکم بر محیط رسوبی بوده که از ویژگی های پهنه های لاگونی محسوب می شود.

۶-تغییرات نسبت Mg/Ca با کاهش عمق در ۲ چاه ۸ و۱۴ مثبت بوده که این امر وجود حوضه محدود به دریا را در ایجاد توالی پوش سنگ مشخص می‌سازد.

۷-همبستگی خوب MgO و SO_3 از یک سو و روند تغییرات مثبت MgO نسبت به عمق، نشانه شرایط گرم و خشک در سبخای تبخیری دور از اقیانوس می باشد.

۸-همبستگی عناصر Na و K_2O نشان دهنده شرایط خشکسالی و نرخ های بالای تبخیر در محیط می باشند، لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که از بخش ۲ به سمت بخش ۶ محیط به تدریج به سمت آب و هوای خشک و گرم تر پیش رفته است.

۹- پوش سنگ در پهنه سبخایی- لاگونی تشکیل شده است. با افزایش غلظت شورابه در این محیط، بلورهای ژیپس تشکیل شده در بخش میانی حوضه ناپایدار شده و به انیدریت به صورت ندول-های ریز بلور سبخایی مجزا و به‌هم پیوسته تبدیل گردیده است. در نهایت توالی ضخیم نمک رسوبگذاری نموده است.

تشکر و سپاسگزاری:

بدین وسیله قدردانی خود را از همکاری ارزنده بخش زمین شناسی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب به جهت در اختیار قرار دادن نمونه‌های مورد نیاز که فرصت انجام این پژوهش را مهیا نمود، ابراز می داریم.

منابع:

-آدابی، م. ح.، ۱۳۸۳. ژئوشیمی رسوبی، انتشارات آرین زمین، ۴۴۸ صفحه.

-مکوندی، ع.، ۱۳۷۶. مطالعه زمین شناسی مخزن آسماری میدان زیلایی، گزارش پ – ۴۷۱۳، اداره مطالعات شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب.

-مطیعی، ه.،۱۳۷۲. زمین شناسی ایران ، چینه شناسی زاگرس، سازمان زمین شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه.

- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، ۱۳۸۸، گزارش چینه شناسی بخش ۱ سازند گچساران در چاه‌های ۸ و ۱۴ میدان نفتی زیلایی

-Kasprzyk, A., 2003. Sedimentological and diagenetic patterns of anhydrite deposits in the Badenian evaporite basin of the Carpathian Foredeep, southern Poland. Sedimentary Geology, v.158, p.167–194.

-Schowalter, T.T., 1979. Mechanics of secondary migration and entrapment, AAPG Bulletin, v.63, p.723-760.

-Schroll, E., 1975. Analytische Geochemie :Band 2: Grundlagen and Anwendngen , Ferdinand Enke Verlag Stattgard.

-Tucker, M.E., 2001. Sedimentary Petrology: Third edition, Blackwell, Oxford, 260 p.

-Usdowski, H.E., 1967. The formation of dolomite in sediments, p. 21- 32 In: G. Müller and G. M. Friedman, (eds.), Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe. Springer-Verlag, Berlin.

-Warren, J.K., and Hussain, M., 1988. Dolomitization in sulfate-rich environment: A modern example from Salt Flat sabkha (dried playa lake) in west Texas-New Mexico: Carbonates and Evaporites, v.3, p.473-482.

-Warren, J. K., 2006. Evaporites: Sediments , Resources and Hydrocarbons.Springer Verlag , Berlin , 1035 p.

-Williams, K.L., 1987. Introduction to