

مطالعه موردی بررسی تشکیل رسوب در چاههای تزریقی گاز میدان کوپال

مریم آسمانی^۱، فریدون اسماعیل زاده^۲ و داریوش مولا^۳

دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز

masemani@shirazu.ac.ir

چکیده

در حوزه صنعت و اقتصاد کلان جامعه، صیانت از منابع و ذخایر نفت خام به عنوان یکی از ضروریات مهم و استراتژیک مطرح است. تزریق گاز به میدان نفتی عملی است که جهت جلوگیری از کاهش فشار نفت مخزن و در نتیجه تثبیت میزان استخراج نفت از یک مخزن نفتی در طول زمان انجام می‌شود. در کشور ما بنابر شرایط موجود، تزریق گاز به مخازن نفتی برای بازیافت نفت برای بیشتر مخازن کشور مناسب تشخیص داده شده‌است. در تعدادی از چاههای تزریق گاز، در میدان نفتی کوپال در خوزستان، رسوب تشکیل می‌شود که در برخی موارد به طور کامل، مسیر جریان را مسدود می‌کند. هدف از انجام این پژوهش تعیین نوع و ترکیبات موانع، تعیین منشأ و علل تشکیل این موانع می‌باشد. چند نمونه رسوب از دو چاه میدان کوپال دریافت شد که با آنالیز این نمونه رسوبات، مشخص شد که قسمت عمده ترکیب آنها، سدیم کلراید می‌باشد. با توجه به اینکه قسمت عمده رسوبات چاهها، رسوبات معدنی است لذا دلیل آن نشت آب از جداره چاه می‌باشد. در مورد چاههای مورد پژوهش، آبهایی که می‌تواند منشأ تشکیل رسوب باشد، آب سازند گچساران و آب سازند آسماری است. دو آب سازند، یونهای کاملاً مشترکی دارد که غلظت یونها نیز تقریباً نزدیک به یکدیگر است. با توجه به اطلاعات پتروفیزیکی و نمودارهای دما در خصوص دو چاه میدان کوپال، منشأ رسوب، نشت آب سازند گچساران به داخل چاه، تشخیص داده شد.

واژه های کلیدی: رسوب، تزریق گاز، سدیم کلراید، تبخیر، نشت آب

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی شیمی

^۲ دانشیار مهندسی شیمی

^۳ استاد مهندسی شیمی

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مشکلات در صنعت نفت تشکیل رسوب مواد معدنی است که عموماً در تجهیزات سرچاهی، لوله‌های ته‌چاهی و حتی در خود سازند تشکیل می‌شوند. این رسوبات، شامل رسوبات کربناته، سولفاته، ترکیبات آهن‌دار و علاوه بر آنها، رسوب سدیم کلراید می‌باشد. تشکیل رسوبات معدنی به پارامترهایی مانند مقدار تغییر دما، تغییر در فشار، فوق اشباعی یونهای رسوبی، تغییر در pH محلول، درجه اختلاط، حضور ناخالصی‌ها و زمان تماس بستگی دارد [۱].

در چاه‌های تزریق گاز، یکی از دلایل تشکیل رسوبات معدنی، آب ناخواسته‌ای است که می‌تواند به روش‌های مختلفی وارد چاه شود. منشأ آب می‌تواند آب سازند یا آبده مخزن باشد. آب سازند می‌تواند از لایه‌های با اشباع آب بالا در مجاورت لایه‌های تولیدی یا تزریقی ناشی شود. دلیل ورود آب ناخواسته به درون چاه می‌تواند مربوط به مسائل مرتبط با مخزن، مشکلات مربوط به تکمیل چاه و یا مشکلات مکانیکی باشد. تشکیل رسوب NaCl در چاه‌گازی، بیشتر به دلیل تبخیر آب توسط گاز است.

سدیم کلراید، نمکی معمولی است که در آب سازند وجود دارد. برای آبی که غلظت نمک در بیشتر از ۲۰۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر است یا آب سازند شامل نمک نزدیک به اشباع است، پتانسیل برای ته نشینی نمک، وجود دارد. یکی از مکانیزم‌های تشکیل این رسوب با تبخیر آب است. تبخیر آب، غلظت نمک را افزایش می‌دهد و منجر به ته نشینی نمک می‌شود. در چاه‌ها تزریقی نیز، گاز خشک باعث تبخیر آب می‌شود و در نتیجه، کم شدن آب، منجر به تشکیل رسوب NaCl می‌شود [۲ و ۳]. سنتیک تشکیل رسوبات معدنی به دو پارامتر نیروی محرک و غلظت یون ته نشین شونده، بستگی دارد. نیروی محرک برای نمک خیلی کوچک است و غلظت یونی آن زیاد است. در حالی که این مخالف تشکیل رسوباتی مثل باریت است [۴].

دورپ و همکارانش (Drop et al.)، تشکیل رسوب نمک در چاه‌گازی را در یک محیط متخلخل شبیه سازی کردند. آنها اثر رسوب را روی تخلخل و تراوایی بررسی کردند و روش عددی اختلاف محدود و روش IMPES را برای حل معادلات به کار بردند. با آزمایش، مدل خود را بررسی کردند. آنها مدلی را بر اساس ته نشینی نمک به دلیل تبخیر آب ارائه دادند [۵].

در سال ۲۰۰۳، کلینتز و همکارانش (Kleintz et al.) روی تشکیل رسوب NaCl در چاه‌های گازی کار کردند با کاهش فشار مخزن، حلالیت آب در گاز افزایش می‌یابد و غلظت نمک در آب افزایش یافته و منجر به تولید رسوب می‌شود [۶].

در سال ۲۰۰۳، تنگ و اتزیون (Tang and Etzion)، رابطه‌ای تجربی برای تبخیر آب از سطح تر شده به دست آوردند. رابطه آنها بر اساس رطوبت و سرعت گاز روی سطح بود. هرچه سرعت گاز بیشتر می‌شود، مقدار بیشتری آب تبخیر می‌شود. هرچه فاصله از دهانه چاه بیشتر می‌شود، سرعت گاز، کاهش می‌یابد. به دلیل این تئوری، ته نشینی نمک به دلیل تبخیر آب در نزدیکی دهانه چاه، بیشترین مقدار را دارد چون گاز در این ناحیه بیشترین سرعت را دارد [۷].

مطابق با مدل مورین و مونتل (Morin and Montel) در سال ۱۹۹۵، مقدار تبخیر آب تابعی از تغییر نسبت مولی آب در فاز گاز است، با افزایش دما، افزایش و با افزایش فشار و شوری، کاهش می‌یابد. چنانچه فشار کاهش یابد، تبخیر افزایش می‌یابد و شوری نیز افزایش می‌یابد تا به حداکثر حلالیت NaCl در آب برسد. در این مدل از معادله حالت پنگ-رابینسون (Peng-Robinson) استفاده شده است [۸].

در سال ۲۰۰۱، روچا (Rocha) و همکارانش مدلی را برای ته نشینی نمک در نزدیکی دهانه چاه با تزریق آب انجام دادند. به دلیل اختلاف ترکیبات شیمیایی آب تزریقی و آب مخزن، رسوب در طی فرآیند اختلاط اتفاق می‌افتاد. آنها، تعادل ترمودینامیکی بین نمک‌های مختلف را نیز در نظر گرفتند [۹].

زولواگا و همکارانش (Zuluaga et al.) در سال ۲۰۰۱، روی تبخیر و تشکیل رسوب به وسیله گاز خشک در محیط متخلخل کار کردند. آزمایش‌های آنها نشان دارد که سرعت تبخیر آب با افزایش شدت جریان گاز، افزایش می‌یابد. آنها اثر اشباعیت را روی تبخیر در نظر نگرفتند [۱۰].

شناسایی مکان و ترکیب رسوب، اولین گام در طرح ریزی برنامه ممانعت از تشکیل رسوب است. لذا در این پژوهش چند نمونه رسوب از چاههایی که دارای مشکل بودند دریافت شد. کلیه نمونه‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. آزمایشهایی که بر روی نمونه رسوب ها انجام شد، شامل طیف سنجی پراش پرتو ایکس (XRD)، طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس (XRF) و مشاهده کریستال نمونه‌ها با دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) می‌باشد. نمونه‌هایی از آب سازند گچساران و آب سازند آسماری نیز دریافت شد و این آنها نیز آنالیز شد. جهت تعیین محل ورود آب به چاه نیز پروفایل دما، شماتیک چاه، اطلاعات پتروفیزیکی چاهها نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته شد.

۲- شناسایی رسوب

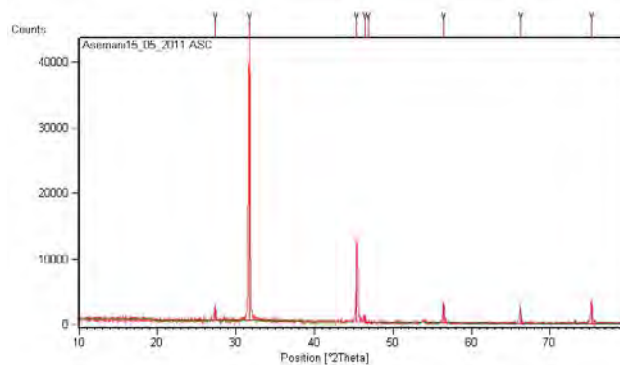
شناسایی مکان و ترکیب رسوب، اولین گام در طرح ریزی برنامه ممانعت از تشکیل رسوب است. با افزایش میزان رسوب، دسترسی به قسمتهای پایین تر چاه غیر ممکن می‌شود و در نهایت تولید یا تزریق متوقف می‌شود. با ارزیابی تولید یا تزریق، می‌توان پی به تشکیل رسوب در لوله‌های چاه برد. البته در فرآیند تولید، گاهی تشخیص تمایز بین مشکل رسوب یا آسیب‌های دیگر سازند مشکل است ولی در فرآیند تزریق، با بالا رفتن فشار تزریق می‌توان پی به تشکیل رسوب برد. بازدید داخلی از قسمتهای مختلف دیواره چاه نیز روش دیگر تشخیص رسوب می‌باشد. استفاده از سنسورهای الکتروشمی، روشی دیگر جهت تشخیص بعضی رسوبات می‌باشد [۱۱].

نمونه‌های دریافت شده از دو چاه میدان کوپال بود. نمونه‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت؛ آزمایشهایی که بر روی نمونه رسوب ها انجام شد، شامل طیف سنجی پراش پرتو ایکس، طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس و مشاهده کریستال نمونه‌ها با دستگاه میکروسکوپ الکترونی می‌باشد.

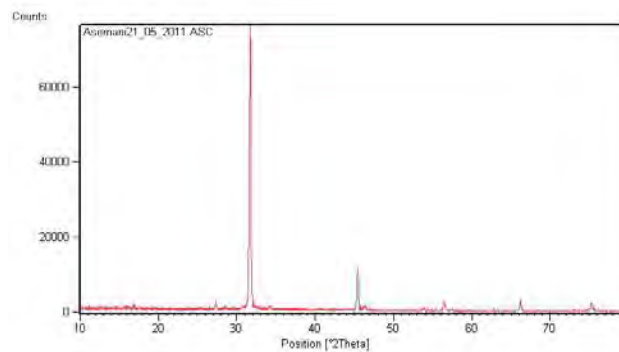
۲-۱- طیف سنجی پراش پرتو ایکس نمونه های رسوب

دستگاه طیف سنجی پراش پرتو ایکس دستگاهی است که به کاربر این اجازه را می‌دهد تا کمیت های کیفی یک کریستال را مشخص نماید، به عبارت ساده تر این دستگاه با آنالیز داده‌ها، مواد تشکیل دهنده در یک ساختار کریستالی را مشخص می‌کند به عبارت کلی، روش طیف سنجی پراش پرتو ایکس یک روش غیرمخرب است که برای تعیین فازها و جهت‌گیری کریستالها، تعیین خواص ساختاری، تعیین ضخامت لایه های نازک و چند لایه‌ای و برای تعیین ساختار اتمی به کار می‌رود. این دستگاه داده های مورد نیاز را به صورت منحنی پیک داری (همانند نوار های قلب یا نوار مغز در علم طب) ارائه می‌دهد.

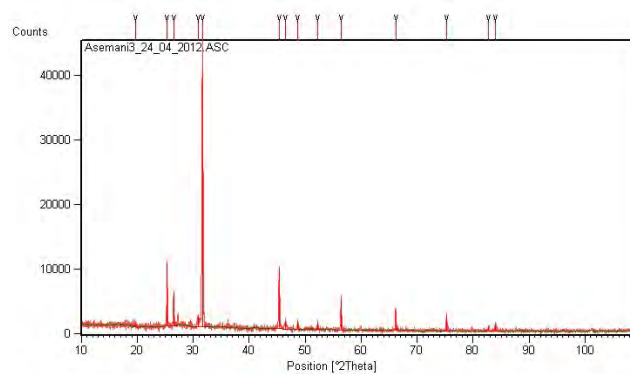
برای آنالیز هر نمونه به میزان معین ابتدا به صورت پودر بسیار ریز در آورده و سپس در معرض بمباران پرتوهای اشعه ایکس با طول موج ۰/۱-۱۰۰ آنگستروم قرار داده می‌شود. نتایج نهایی به صورت کیفی ارائه می‌گردد. شکل‌های (۱) تا (۳) نتایج مربوط به آزمایش های طیف سنجی پراش پرتو ایکس سه نمونه رسوب دریافتی مربوط به دو چاه کوپال الف و کوپال ب را نشان می‌دهد. این نتایج را می‌توان در نرم افزار XPert مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. می‌توان مکان قله های مربوط به شکل‌های (۱) تا (۳) را با مشخصات مربوط به هر ترکیب در نرم افزار XPert، بررسی کرد. در این نرم افزار هر ترکیب، جدول مشخصاتی مختص به خود را دارد. با مقایسه نتایج هر سه ترکیب با جدول مشخصات سدیم کلراید، می‌توان به این نتیجه رسید که ترکیب سدیم کلراید، بیشترین مقدار در بین ترکیبات اکثر نمونه رسوبها می‌باشد.



شکل (۱). نتیجه مربوط به آزمایش طیف سنجی پراش پرتو ایکس نمونه رسوب کوپال الف (نمونه اول)



شکل (۲). نتیجه مربوط به آزمایش طیف سنجی پراش پرتو ایکس نمونه رسوب کوپال ب



شکل (۳). نتیجه مربوط به آزمایش طیف سنجی پراش پرتو ایکس نمونه رسوب کوپال الف (نمونه دوم)

۲-۲- طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس نمونه های رسوب

طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس یک روش آنالیز دستگاهی است که در آن از روش طیف نشری اشعه ایکس، برای تجزیه لایه‌های سطحی استفاده می‌شود. این دستگاه توانایی انجام آنالیز عنصری بصورت کیفی و نیمه کمی دارد. برانگیختگی نمونه در اثر

تابش پرتو ایکس موجب انتقال الکترونی در لایه‌های مختلف اتم می‌شود که هر انتقال الکترونی همراه با نشر یک خط طیفی پرتو ایکس است. طول موج خطوط طیفی نشر شده مبنای تجزیه کیفی عناصر و شدت پرتوها متناسب با فراوانی یا کمیت عناصر موجود در نمونه است. یکسان بودن روش آماده سازی نمونه مورد مطالعه و نمونه استاندارد، و یکنواخت و مسطح بودن سطح مورد آزمایش نقش مهمی در دقت و صحت نتایج حاصله دارد. قابل ذکر است که این روش عناصر سبک تر از آلومینیوم، از جمله سدیم را نشان نخواهد داد

جدول (۱)، نتایج حاصل از آزمایش طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس را روی نمونه رسوبهای موجود نشان می‌دهد.

جدول (۱). نتایج حاصل از آزمایش طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس

رسوب چاه کوپال ب		رسوب چاه کوپال الف (نمونه دوم)		رسوب چاه کوپال الف (نمونه اول)	
عنصر	درصد وزنی	عنصر	درصد وزنی	عنصر	درصد وزنی
Cl	۷۱/۱۵	Cl	۴۷/۳۳	Cl	۸۴/۷۲
Fe	۲/۷۰	Fe	۱۲/۴۸	Fe	۱/۴۹
Ca	۵/۷۸	Ca	۲۰/۲۹	Ca	۲/۹۴
Br	۶/۱۲	Br	۲/۴۱	Br	۴/۰۴
Sr	۱۴/۲۴	Sr	۲/۵۹	Sr	۵/۸۷
		Zn	۰/۴۸۹	Zn	۰/۹۴۵
		Cu	۰/۱۴۸		
		P	۱/۷		
		Ti	۵/۹		
		S	۱/۸۱		
		Ni	۴/۸۴		

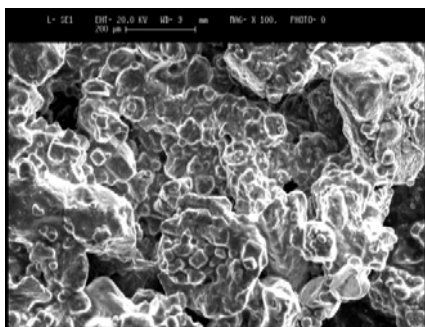
همان طور که مشخص است، در این آزمایش بالا بودن درصد عنصر کلر، نشان دهنده بالا بودن ترکیبات کلر می‌باشد که در آزمایشهای طیف سنجی پراش پرتو ایکس مشخص شد عمده ترکیب آن NaCl می‌باشد.

۲-۳- میکروسکوپ الکترونی

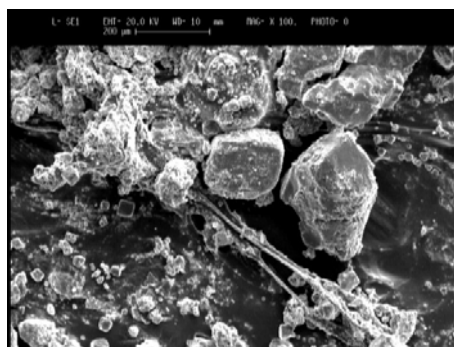
میکروسکوپ الکترونی با قدرت تفکیک بالا می‌تواند در دل دانه‌ای بسیار کوچک با قطری در حد میکرومتر نفوذ کند و عناصر تشکیل دهنده آن را نشان دهد. در میکروسکوپ الکترونی روشی در اثر برخورد اشعه الکترونی به سطح نمونه، پدیده‌هایی بوجود می‌آید که با استفاده از آن پدیده‌ها، علاوه بر تهیه تصویر و بررسی‌های ریزساختاری می‌توان آنالیز سطح را نیز بدست آورد. قبل از هر کار باید آب از نمونه جدا شود چرا که آب در حلال تبخیر می‌شود. نمونه رسوبات باید به وسیله یک لایه نازک رسانا پوشانده شوند. برای این کار نمونه در یک محفظه‌ای که خلاء است، قرار داده می‌شود و گاز آرگون و میدان مغناطیسی سبب می‌شوند که الکترون از آرگون جدا شده و سبب شوند تا اتمها بار مثبت داشته باشند. یونهای آرگون توسط فویل طلای دارای بار منفی جذب می‌شوند. یونهای آرگون به اتمهای طلای سطح فویل طلا برخورد می‌کنند. این اتمهای طلا روی سطح نمونه قرار می‌گیرند و سبب ایجاد یک پوشش رسانا از طلا بر سطح نمونه می‌شوند.

شکل‌های (۴) تا (۶)، تصویرهای نمونه رسوبات با میکروسکوپ الکترونی را نشان می‌دهد.

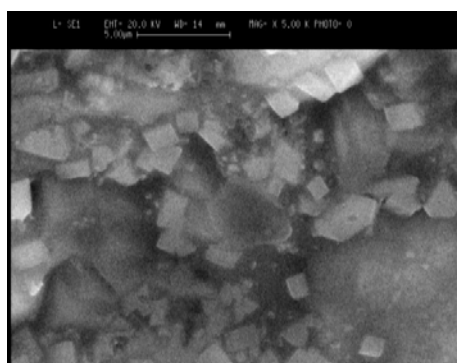
نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی نمونه های رسوب، نشان می دهد که شکل و سایز کریستالهای تشکیل شده در چاههای مختلف، متفاوت است. شکل کریستالهای سدیم کلراید با حضور ناخالصی ها تغییر خواهد کرد. از طرفی با توجه به اینکه سرعت تزریق گاز در این دو چاه متفاوت است، سرعت تبخیر آب و در نتیجه سرعت تشکیل کریستال متفاوت خواهد بود، لذا سایز کریستالها نیز در دو چاه مورد پژوهش متفاوت است [۱۲].



شکل (۴). تصویر رسوب کوپال ۳۵ (نمونه اول) با بزرگنمایی ۱۰۰



شکل (۵). تصویر رسوب کوپال ۳۵ (نمونه دوم) با بزرگنمایی ۱۰۰



شکل (۶). تصویر رسوب کوپال ۴۵ با بزرگنمایی ۵۰۰۰

۳- آنالیز آب سازند گچساران و آب سازند آسماری

برای بررسی خواص آبهای میادین نفتی می توان سه بخش جداگانه را در نظر گرفت:

- ۱- کاتیون‌ها: Sr, Ba, Na, Mg, Ca و ...
 - ۲- آنیون‌ها: کلر، کربنات، بی‌کربنات، سولفات و ...
 - ۳- سایر خواص: pH، میزان مواد نامحلول، کدورت، دما، وزن مخصوص، اکسیژن محلول، گاز دی‌اکسید کربن، سولفید هیدروژن، باکتری‌ها و مقدار نفت همراه.
- وجود کاتیون‌ها و آنیون‌ها در ترکیبات آب یکی از عوامل مهم در فرآیند رسوب‌گذاری و تشکیل رسوب است. بیشترین غلظت آب‌های میادین نفتی از آن یون‌های سدیم و کلرید است.
- جهت آنالیز نمونه آب سازند گچساران و آسماری که دریافت شد، ابتدا نفت را از آب جدا کرده و سپس نمونه آب بدون نفت آنالیز شد. جدول (۲) نتایج آنالیز انجام شده چند نمونه از آب سازند گچساران را نشان می‌دهد.

جدول (۲). تجزیه نمونه آب سازند گچساران

نمونه ۱ میلی گرم در لیتر	نمونه ۲ میلی گرم در لیتر	نمونه ۳ میلی گرم در لیتر	ترکیبات
۷۶۰۰۰	۲۲۵۰۰	۴۵۴۱	کلسیم
۱۷۰۱۰	۷۵۰۰	۱۰۳۰۹	منیزیم
۲۰۰	۰	۲۱۷۹۳۰	آهن
۲۰۶۳۲۵	۱۹۰۰۰۰	۱۰۰	کلرور
۱۲۲۰	۳۷۵	۴۷۲/۴	بی کربنات
۰	۲۵۰	۲۷۰	سولفات

جدول (۳)، نتایج آنالیز انجام شده آب سازند آسماری را نشان می‌دهد.

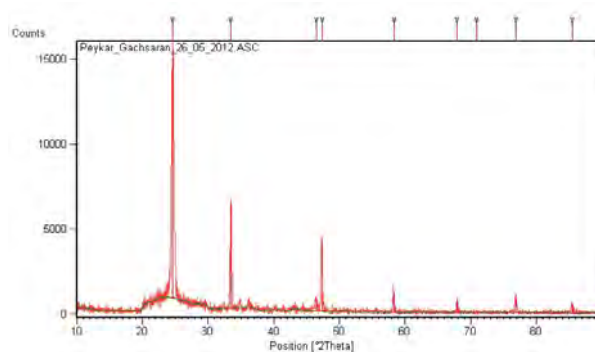
جدول (۳). تجزیه نمونه آب سازند آسماری

نمونه	ترکیبات (میلی گرم در لیتر)						
	سدیم و پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	کلرور	سولفات	بیکربنات
نمونه ۱	۶۸۵۲	۱۸۰۰۰	۴۸۶۰	۱۲۵	۱۳۳۵۰۴	۳۲۵	۲۶۷
نمونه ۲	۲۷۳۹	۹۲۰۰	۳۶۴۵	۱۰۰	۹۲۲۳۹	۶۵۰	۳۶۰
نمونه ۳	۳۳۳۱	۹۶۰۰	۶۰۷۵	۴۵۰	۱۳۲۲۹۱	۲۶۰	۹۸
نمونه ۴	۵۶۲۷	۱۹۲۰۰	۴۱۳۱	۸	۱۴۶۸۵۵	۷۰۰	۱۲۲
نمونه ۵	۰۲۷۸	۱۲۸۰۰	۳۱۵۹	۴۰	۱۰۹۲۳۱	۱۰۰	۴۲۷
نمونه ۶	۳۹۳۳	۱۰۸۰۰	۲۴۳۰	۲۵۰	۹۳۴۵۳	۱۷۵	۸۵۴
نمونه ۷	۰۲۷۴	۱۴۸۰۰	۳۱۵۹	۱۵	۹۷۰۹۴	۲۵۰	۶۵۹
نمونه ۸	۴۷۳۶	۱۶۴۰۰	۳۸۸۸		۱۲۴۲۵۰		
نمونه ۹	۴۹۶۰۹	۸۰۰۰	۱۹۴۴		۹۵۸۵۰		۳۶۶
نمونه ۱۰	۵۴۲۳۷	۱۶۰۰۰	۳۱۵۹		۱۲۰۷۰۰		۲۴۴

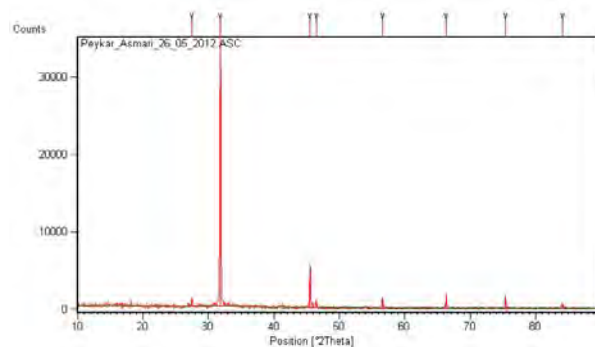
آنالیز آب‌ها نشان می‌دهد که غلظت کلر در هر دو آب بسیار زیاد است و نزدیک غلظت اشباع می‌باشد.

۳-۱- آنالیز رسوب حاصل از آب سازند گچساران و آب سازند آسماری

آب سازند گچساران و آب سازند آسماری را تبخیر کرده و رسوب حاصل از این آب‌ها، نیز آنالیز شد. شکل (۷) و شکل (۸) نتایج مربوط به آزمایش طیف سنجی پراش پرتو ایکس این رسوبها را نشان می‌دهد.



شکل (۷). نتیجه مربوط به آزمایش طیف سنجی پراش پرتو ایکس نمونه رسوب حاصل از آب سازند گچساران



شکل (۸). نتیجه مربوط به آزمایش طیف سنجی پراش پرتو ایکس نمونه رسوب حاصل از آب سازند آسماری

جدول (۴)، نتیجه مربوط به آنالیز طیف سنجی پراش پرتو ایکس نمونه رسوب حاصل از آب سازند گچساران و آب سازند آسماری را نشان می‌دهد.

جدول (۴). نتیجه آنالیز طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس رسوب حاصل از آب سازند گچساران و آب سازند آسماری

عنصر	درصد وزنی	
	آب سازند گچساران	آب سازند آسماری
Cl	۷۲/۸۲	۸۲/۷۹
Ca	۱۹/۲۹	۶/۰۱
Bromine	۳/۹۵	۳/۵۲
Strontium	۳/۹۴	۷/۱۱

با بررسی نتیجه حاصل از آزمایش طیف سنجی پراش پرتو ایکس در نرم افزار XPert و همچنین نتایج مربوط به آزمایش طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس می‌توان به این نتیجه رسید که هر دو آب اشباع از نمک سدیم کلراید می‌باشند. همان طور که در جدول (۴) نشان داده شده است، عناصر در هر دو نمونه نیز مشترک هستند.

۴- بررسی نشت آب نمک در چاه‌های مورد پژوهش در میدان کوپال

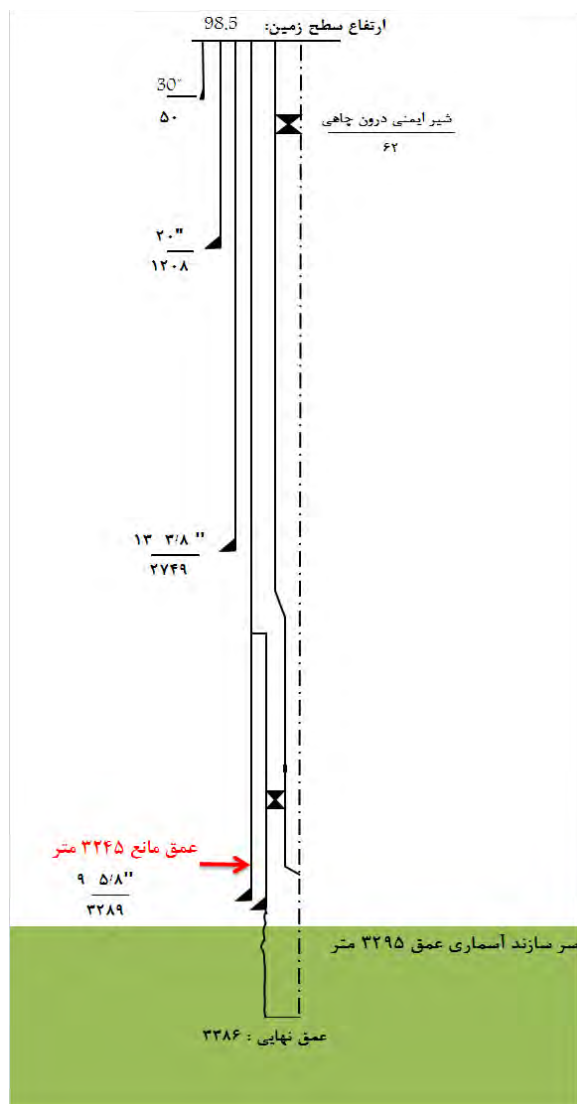
با توجه به آنالیز طیف سنجی پراش پرتو ایکس، طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس شش نمونه رسوب تحویل گرفته شده، مشخص شد که درصد عمده اکثر رسوبات، سدیم کلراید می‌باشد.

با توجه به تحقیقات انجام شده، دلیل تشکیل رسوبات معدنی به خصوص سدیم کلراید در چاه‌های تزریق گاز، آب ناخواسته‌ای است که وارد چاه می‌شود. در مورد چاه‌های مورد پژوهش، آب‌هایی که می‌تواند منشأ تشکیل رسوب باشد، آب سازند گچساران و آب سازند آسماری است. دو آب سازند، یونهای کاملاً مشترکی دارد که غلظت یونها نیز تقریباً نزدیک به یکدیگر است. لذا از روی آنالیز آنها نمی‌توان منشأ رسوب را به طور قطع مشخص کرد. به همین دلیل باید از روشهای دیگر اثبات کرد که منشأ اصلی تشکیل رسوب، آب سازند گچساران می‌باشد یا آب سازند آسماری. در ادامه با توجه به اطلاعات پتروفیزیکی و نمودارهای دریافتی در خصوص دو چاه میدان کوپال، امکان نشتی این چاه‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

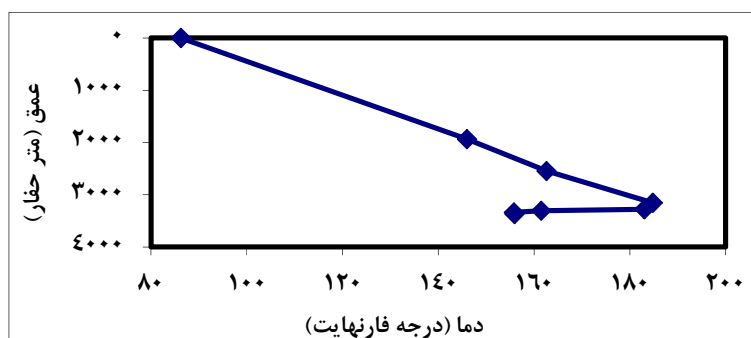
۴-۱- چاه کوپال الف

شکل (۹)، نمایی شماتیک درون چاهی مربوط به چاه کوپال الف را نشان می‌دهد. در این چاه، فاصله عمقی ۳۲۹۵ تا ۳۷۲۱ متر حفار، سازند آسماری می‌باشد. عمق نمونه رسوبهای گرفته شده از چاه، در لایه سازند گچساران است. با توجه به اطلاعات پتروفیزیکی و محل نمونه برداری رسوب می‌توان به این نتیجه رسید که چون عمق نمونه رسوب گرفته شده، حدود ۵۰ متر بالاتر از سرسازند آسماری و در سازند گچساران است، لذا آب نفوذ کرده به درون چاه کوپال الف، آب گچساران می‌باشد.

با بررسی نمودارهای دما، می‌توان به محل ورود آب به چاه نیز پی برد. در نمودارهای ترسیم شده دما بر حسب عمق در چاه کوپال الف، در عمق ورود آب ناخواسته به مخزن به دلیل تغییر ناشی از ورود آب تغییرات مشهودی نمایان می‌شود. شکل (۱۰). تغییرات دما بر حسب عمق چاه کوپال الف نشان می‌دهد. در این چاه عمق مانع ۳۲۴۵ متر می‌باشد. با توجه به شکل، تغییرات مشهودی در این عمق در دما نمایان است که می‌تواند نشان دهنده ورود آب به چاه در این عمق باشد. نمودارهای دریافتی از شرکت بهره‌برداری مارون در خصوص این چاه، نمودار پرتو گاما بوده‌است و اطلاعاتی در خصوص نمودارهای بندش سیمان (CBL) و نمودار چگالی متغیر (VDL) موجود نبوده است.



شکل (۹). نمای شماتیک درون چاهی کوپال الف

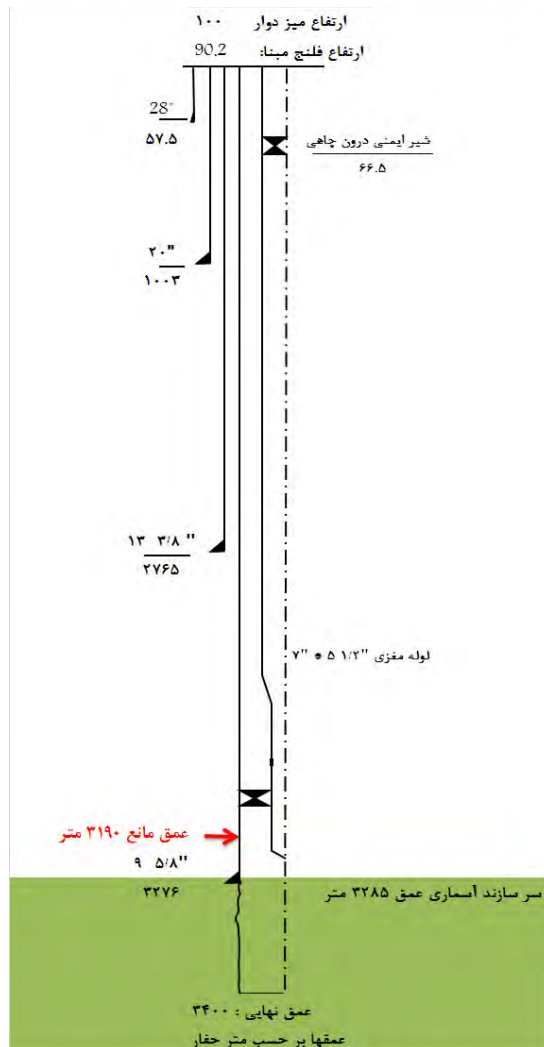


شکل (۱۰). نمودار دما بر حسب عمق چاه کوپال الف

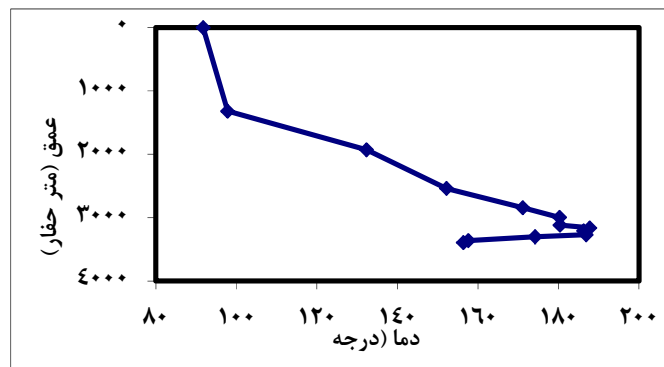
۴-۲- چاه کوپال ب

شکل (۱۱)، نمایی شماتیک درون چاهی مربوط به چاه کوپال ب را نشان می‌دهد. در این چاه، فاصله عمقی ۳۲۸۵ تا ۳۳۹۴/۵ متر حفار، سازند آسماری می‌باشد. چنانچه در شکل مشخص شده است عمق نمونه رسوبهای گرفته شده از چاه ۳۱۹۰ متر حفار می‌باشد که این عمق در لایه سازند گچساران است. با توجه به اطلاعات پتروفیزیکی و محل نمونه برداری رسوب می‌توان به این نتیجه رسید که چون محل رسوب تشکیل شده در سازند گچساران است، لذا آب نفوذ کرده به درون چاه کوپال ب، آب گچساران می‌باشد.

نمودارهای دما نیز این مطلب را تأیید می‌کند. در نمودارهای ترسیم شده دما بر حسب عمق در چاه کوپال ب، در عمق ورود آب ناخواسته به مخزن به دلیل تغییر ناشی از ورود آب تغییرات مشهودی نمایان می‌شود. شکل (۱۲) تغییرات دما بر حسب عمق چاه کوپال ب نشان می‌دهد. در این چاه عمق مانع ۳۱۹۰ متر می‌باشد. با توجه به شکل، تغییرات مشهودی در این عمق در دما نمایان است که می‌تواند نشان دهنده ورود آب به چاه در این عمق باشد.

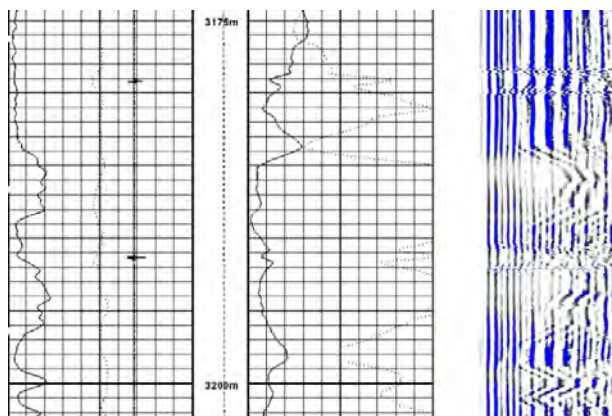


شکل (۱۱). نمای شماتیک درون چاهی کوپال ب



شکل (۱۲). نمودار دما بر حسب عمق چاه کوپال ب

شکل (۱۳) نمودار نمودارهای بندش سیمان و نمودار چگالی متغیر چاه کوپال ب در محدوده ۳۱۷۵ تا ۳۲۰۰ متر حفار را نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای نمودارهای بندش سیمان و نمودار چگالی متغیر در عمق رسوبگذاری می‌توان به این نتیجه رسید که در این عمق کیفیت سیمان بندی خوب نیست و همچنین چسبندگی خوبی بین سیمان و لوله جداری وجود ندارد. تمام این موارد نشان دهنده این است که آب سازند گچساران به درون چاه کوپال ب نشت می‌کند.



شکل (۱۳). نمودار نمودارهای بندش سیمان و نمودار چگالی متغیر چاه کوپال ب در محدوده ۳۱۷۵ تا ۳۲۰۰ متر حفار

۵- نتیجه گیری

- ۱- با دریافت چند نمونه رسوب از دو چاه تزریق گاز میدان کوپال و انجام آزمایش‌های مختلف از جمله طیف سنجی پراش پرتو ایکس، طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس و مشاهده کریستال نمونه‌ها با دستگاه میکروسکوپ الکترونی، نتایج حاکی از آن بود که ترکیب سدیم کلراید، بیشترین مقدار در بین ترکیبات نمونه رسوبها می‌باشد.
- ۲- دلیل تشکیل رسوبات معدنی به خصوص سدیم کلراید در چاه‌های تزریق گاز، آب ناخواسته‌ای است که وارد چاه می‌شود.
- ۳- با توجه به بررسی‌های آزمایشگاهی انجام شده، یونهای نمونه‌های رسوب تشکیل شده در چاه با یونهای نمونه‌های رسوب تشکیل شده در آزمایشگاه از آب سازند آسماری و آب سازند گچساران یکسان است.
- ۴- در این پژوهش با انجام مطالعات کتابخانه‌ای، تهیه آمار چاه‌های مورد پژوهش و بررسی جداول مربوط به هر چاه، منشاء رسوب، نشت آب سازند گچساران به داخل چاه، تشخیص داده شد.
- ۵- محل ورود آب به درون هر چاه با بررسی نمودارهای مختلف ارزیابی سیمان پشت جداری‌ها از قبیل نمودارهای بندش سیمان و نمودار چگالی متغیر، محل نمونه‌گیری رسوب و نمودارهای تغییرات دما در حالت استاتیک، مشخص شده است. ارتفاع تقریبی محل نشت آب در چاه‌های مورد پژوهش به این شرح است، کوپال ۳۵، ۳۲۰۰ متر حفار، کوپال ۴۵، ۳۱۰۰ متر حفار.
- ۶- با مشخص شدن منشاء و محل ورود آب به درون چاه، می‌توان با ترمیم لوله‌های جداری در محل ورود آب، از ورود آب به درون چاه و در نتیجه از تشکیل رسوب سدیم کلراید جلوگیری به عمل آورد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری و حمایت‌های شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب و شرکت بهره برداری مارون کمال تشکر و امتنان را داریم.

- [1]. J.J. Wylde and D.A. Fell, "Scale Inhibitor Solutions for High Temperature ESP Lifted Wells in California: A Case History Of Failure Followed By Success Clariant Oil Services, North America", This paper was prepared for presentation at the 2008 SPE International Oilfield Scale Conference held in Aberdeen, SPE 113826, UK, 28–29 May 2008.
- [2]. B. Bin Merdhah and A.M. Yassin , "Formation Damage Due To Scale Formation In Porous Media Resulting Water Injection", AEmirates Journal for Engineering Research, 13 (3), 69-79 (2008).
- [3]. Hua Guan. Richard Keatch, Charles Benson, SPE, and Neil Grainger Liz Morris, "Mechanistic Study of Chemicals Providing Improved Halite Inhibition", Schlumberger Oilfield UK Plc. Copyright 2008, Society of Petroleum Engineers, SPE 114058.
- [4]. J. Kevyn Smith, John L. Przybylinski, "The Effect of Common Brine Constituents on the Efficacy of Halite Precipitation Inhibitors", 61ST Annual NACE International Conferences, Houston, Texas 77084. Paper No. 06387.
- [5]. Van Drop, Q.T., Slijkhuis, M., Zitha, P.L.J., "Salt Precipitation in Gas Reservoirs", SEP 122140, 2009.
- [6]. w. kleinitz, g. dietzsch and m. kohler, "halite scale formation in gas-producing wells", Trans IChemE, Vol 81, Part A, March 2003.
- [7]. Tang, R. and Etzion, Y., "Comparative studies on the water evaporation rate from a wetted surface and that from a free water surface", Elsevier (July 2003).
- [8]. Morin, E. Montel, F. "Accurate predictions for the production of vaporized water", Paper SPE 30719, prepared for presentation at the SPE Annual Technical Conference & Exhibition held in Dallas, U.S.A., 22-25 October, 1995.
- [9]. Rocha, A.A., Frydman, M., da fontoura, S.A.B., Rosario, F.F. and Bezerra, M.C.M., " Numerical Modeling of Salt Precipitation During Produced water Reinjection", Paper SPE 68336 prepared for presentation at the 2001 SPE Third International Symposium on Oilfield Scale in Aberdeen, UK, 30-31 January 2001.
- [10]. Zuluaga, E., Munoz, N.I. and Obando, G.A., " An Experimental Study to Evaluate Water Vaporization and Formation Damage Caused by Dry Gas Flow through Porous media", Paper SPE 68335 prepared for presentation at the 2001 SPE Third International Symposium on Oilfield Scale in Aberdeen, - UK, 30-31 January 2001.
- [11]. Crabtree M., Eslinger D., Fletcher P., Miller M., Johnson A., King G., "Fighting Scale Removal and Prevention", 1999.
- [12] Myerson, A.S., (1992) Handbook of Industrial Crystallisation , Butterworth-Heinemann, Boston.