

مقاله پژوهشی

مطالعه و ارائه روش هایی جهت به حداقل رساندن تولید آب در مخازن آسماری یکی از میادین جنوبی ایران با استفاده از شبیه سازی یکی از چاه های منفرد موجود در منطقه عملیاتی

نام و نام خانوادگی نویسنده: علی رضانی

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیمی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

چکیده: از آنجایی که پس از گذشت زمان تولید چاهها آبد می شوند، باید برای آن تمهیداتی اندیشیده شود. شناخت علت اصلی نفوذ آب به درون چاه مهم است. از مهم ترین پدیده هایی که باعث نفوذ آب به درون چاه می شود، مخروطی شدن و کانالیزه شدن است. یکی از مهم ترین راه های شناخت به هنگام علت اصلی تولید آب، استفاده از نمودارهای تشخیص علت آبدی است. میدان مورد مطالعه در جنوب غربی ایران واقع شده و شامل تزریق آب و تزریق گاز، می باشد. برخی از چاه های این میدان، با مشکل آبدی مواجه شده اند. هدف از انجام این پروژه بررسی روش صیانت از چاهها و مخازن، تجدید نظر در مورد اطلاعات ورودی شبیه سازی و مدل سازی مخزن و ارائه اطلاعات جدید به زمین شناس، مد نظر بوده است. در این پروژه سعی شده است که از اطلاعات در دسترس تولید نفت و آب که مرتباً و از طریق آزمایش چاهها به دست می آید، استفاده شود. دانستن برخی اطلاعات پارامترهای مخزنی از جمله تخلخل، تراوایی و ... کمک شایانی به این طرح خواهد کرد. در این تکنیک علاوه بر نمودارهای تولید و (WCT) Water Cut، نمودارهای WOR و WOR' بر حسب زمان در مقیاس لگاریتمی-لگاریتمی رسم شده و با نمودارهای حاصل از پروژه های مشابه، مقایسه شده است. با توجه به مطالعات و بررسی های انجام شده، علت اصلی آبدی چاهها، کانالیزه شدن آب از طریق شکاف و یا لایه با نفوذپذیری بالا می باشد. از جمله راهکارهای کاربردی پیشنهاد شده جهت رفع این معضل، تزریق ژل به مخزن است که در این مورد مطالعات بیشتر در زمینه امکان سنجی چاهها و مخزن و بررسی شرایط موجود، کارسازتر خواهد بود.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۳۱
تاریخ داوری: ۱۳۹۸/۷/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۴

واژه های کلیدی:

تزریق آب، شبیه سازی، ازدیاد برداشت نفت، مدل سازی مخازن

مقدمه

برای شناخت به هنگام علت اصلی تولید آب، از نمودارهای تشخیص علت آبدی استفاده می شود. با داشتن اطلاعات مربوط به تولید نفت و آب که بطور مرتب در آزمایشگاه انجام می شود و رسم نمودارهای WOR و GOR بر حسب زمان در مقیاس لگاریتمی-لگاریتمی و مقایسه این نمودارها با نمودارهای موجود که در پروژه های مشابه به دست آمده است، می توان به علت اصلی این مسأله پی برد.

تمامی اطلاعات از جمله GOR و WOR از طریق آزمایشگاه (که به صورت ماهانه در مورد چاه های مختلف میدان انجام شده است) به دست می آید [1-5].

نفوذ آب و گاز به درون چاه های تولید نفت یک امر ناخواسته تلقی می شود؛ از آن جمله چاه های میدان مورد مطالعه هستند که برخی از آنها با مشکل آبدی مواجه شده اند. طبیعی است که برای ارائه راهکار مناسب، شناخت علت و عوامل بسیار حائز اهمیت خواهد بود. از آنجائیکه اطلاعات تولید مهمترین اطلاعاتی هستند که بطور مرتب از طریق

* نویسنده مسئول: علی رضانی

نشانی: دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیمی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

تلفن: +989179173113

پست الکترونیکی: aliramezani202223@gmail.com

بر مبنای یک یا چند دوره زمانی است. وی با استفاده از شبیه سازی عددی، حساسیت نمودارهای نسبت آب به نفت را بر حسب زمان تولید، بر روی عوامل تولید و مخزن بررسی نمود. وی نشان داد که نمودارهای لگاریتمی WOR بر حسب زمان می تواند برای شناسایی منبع تولید آب و به خصوص این که این منبع مربوط به ناهمگنی مخزن یعنی پدیده کانالیزه شدن و یا مربوط به پدیده مخروطی شدن است، به کار رود. Chan مبنای کار خویش را استفاده از اطلاعات میدانی و محاسبات دقیق شبیه سازی های عددی بنا نهاده است.

بر اساس این تحقیقات ثابت شده است که رفتار چاه و مخزن مستقیماً به میزان و نحوه تولید از آن بستگی داشته و هر اتفاقی که در مخزن یا چاه تولیدی بیافتد، به گونه ای تأثیر خود را در تولید نفت از چاه می گذارد به نحوی که به عنوان مثال، تمامی نمودارهای تولید نفت و گاز و آب حاصل از اثر پدیده کاناله شدن و یا مخروطی شدن، شباهت نزدیکی به هم دارند.

مطابق با این نظریه، می توان با استفاده از نمودارهای تولید با پیش بینی مناسب اتفاقی را که در مخزن افتاده یا در حال رخ دادن است، حدس زد.

از مزایای این روش این است که با استفاده از آن می توان از پیشرفت برخی موارد زیان بار (پدیده های کانالیزه شدن، مخروطی شدن و ...) در جریان تولید نفت جلوگیری کرد. همچنین چنانچه در بررسی های اولیه زمین شناسی، شبیه سازی مخزن و... موضوعی مد نظر قرار نگرفته، اصلاحات لازم را اعمال نمود.

میدان مورد مطالعه، واقع در جنوب غربی ایران با توجه به این که با میزان تولید روزانه ۱۴۰ هزار بشکه از پایانه های مهم صادراتی کشور می باشد، از حساسیت خاصی برخوردار است. بخشی از این میدان، شامل ۱۰ حلقه چاه تولیدی می باشد. تولید از این چاه ها از اردیبهشت سال ۱۳۸۴ آغاز شده است، هم اکنون با گذشت حدود ۵ سال، برخی مسدود و مابقی با کاهش نرخ تولید مواجه شده اند. کاهش نرخ تولید پس از گذشت مدت زمانی از عمر چاه و مخزن تا حدودی طبیعی است ولی طبق بررسی های انجام شده این مورد چندان طبیعی به نظر نمی رسد.

با افزایش میزان $Water\ Cut\ (WCT)$ در نمونه های آزمایشگاهی که از چاه های نفتی صورت گرفته است، بر آن شدیم که این موضوع را به عنوان یک پروژه تحقیقی مورد بررسی و مطالعه قرار دهیم.

آزمایش چاهها به دست می آید، بنابر این سعی شده است که با تکیه بر این اطلاعات و به منظور اتخاذ راهکار مناسب و به هنگام از آنها استفاده شود.

در گام نخست در گزارشات، مقالات و کتاب های مربوطه جستجو هایی انجام شد که ایده اصلی شناخت مکانیسم آبدی و گازدهی چاه با استفاده از اطلاعات تولید در یکی از مقالات انجمن مهندسی نفت یافت شد. در مقاله شماره ۳۰۷۷۵ انجمن بین المللی مهندسی نفت (SPE) که در کنفرانس سالانه این انجمن که در سال ۱۹۹۵ در دالاس امریکا ارائه شده است، نحوه شناخت مکانیسم آبدی و گازدهی با استفاده از نمودارهای تولید نسبت آب به نفت و گاز به نفت به تفصیل شرح داده شده است [۹].

این ایده بارها مورد توجه و آزمون قرار گرفته است. از آن جمله مقالات مختلفی در دسترس می باشند که از این ایده برای بررسی آبدی مخازن استفاده کرده اند [۶]، [۷]، [۸]، [۱۰-۱۱]، [۱۳] و [۱۴].

موضوع این کنفرانس ها و جلسات پی بردن به علت تولید آب در چاه های تولید نفت در میادین مختلف نفتی در سراسر جهان بوده که با استفاده از اطلاعات مربوط به تولید نفت و آب و گاز در یک یا چند دوره زمانی از عمر چاه و مخزن مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است.

بر اساس یک سری مطالعات منظم شبیه سازی عددی با استفاده از شبیه ساز BlackOil، که بر روی کنترل تولید آب انجام شده یک سری از نمودارهای تشخیص ایجاد شده است. این شبیه ساز سه بعدی و سه فاز می توانائی مدل سازی کارائی جریان در یک مخزن را تحت مکانیزم های مختلف رانش و سیلاب زنی را دارا بوده است.

به نظر می رسد که نمودارهای لگاریتمی WOR بر حسب زمان، برای شناسائی روند تغییرات تولید و مسائل و مشکلات مربوط به آن بسیار مؤثر است. همچنین مشخص شده است که مشتقات WOR بر حسب زمان، می تواند برای متمایز نمودن مسائل مربوط به تولید آب مازاد که خواه به دلیل پدیده مخروطی شدن آب در چاه دیده می شود و یا در اثر پدیده کانالیزه شدن استفاده شود [۹]. نحوه استفاده از WOR' و WOR در شناخت مکانیزم تولید آب، توسط Chan¹ شرح داده شده است. روش پیشنهادی وی می تواند در شناخت دلیل تولید آب به ما کمک نماید. روش ارائه شده توسط Chan، بر اساس اطلاعات تولیدی در دسترس

مواد و روش‌ها

روش استفاده شده در این مطالعه، برای چاه‌های تولیدی در میداین مختلف از جمله: تگزاس، کالیفرنیا، خلیج جنوبی مکزیکو و آلاسکا به کار رفته است. نمودارهایی که از مقادیر واقعی تولید به دست آمده، مشکلات روش‌های تولید را نشان می‌دهد. به کارگیری این روش‌ها استفاده از آزمایش چاه و نمودارگیری، بهینه‌سازی تولید و افزایش میزان برگشت سرمایه، به دنبال داشته است. [۹]

به علاوه در ایران نیز از جمله شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب این روش را برای چاه‌های آسماری به کار برده است. [۳]

در این تحقیق برای به دست آوردن مقادیر آزمایشگاهی با توجه به این که اطلاعات به صورت فایلی منسجم و واحد موجود نبود، نیاز به نوشتن برنامه‌ای بود که بتوان اطلاعات مختلف مربوط به چاه‌های میدان مورد نظر را به صورت یکپارچه در جدولی در اختیار داشت. این برنامه در نرم افزار اکسل و به صورت ماکرو نوشته شد؛ این برنامه قادر است، اطلاعات مختلف مورد نیاز برای رسم نمودارها از جمله مقادیر تولید نفت، گاز و آب، Water Cut و ... را در آزمایشاتی که در سنوات قبل انجام شده و در فایل اکسل ذخیره سازی شده، به صورت جدولی پویا برگرداند. ضمناً این برنامه توانایی به روز شدن را داراست؛ با توجه به این ویژگی، می‌توان آزمایشاتی را که در آینده برای چاه‌ها انجام خواهد شد، در این جدول مخصوص، ذخیره کرده و از اطلاعات آن استفاده نمود. این روش چندین بار در مقالات و کنفرانس‌های مختلف ارائه و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

از جمله مقاله Trinidad SPE Presentation که در ژوئن ۲۰۰۸ ارائه شده است. [14-17]

در این مقالات با استفاده از اطلاعات تولید که در یک یا چند دوره زمانی ثبت شده، همچنین نمودارهای لگاریتمی WOR و مشتق آن برای چاه‌های تولیدی، می‌توان به بررسی عملکرد مخزن و چاه پرداخت.

این روش دارای مزایای متعددی از جمله موارد زیر است:

۱. به طور اساسی از تاریخچه اطلاعات تولیدی در دسترس استفاده می‌کند.
۲. می‌تواند تعداد زیادی از چاه‌ها را به سرعت نمایش و نشان دهد.
۳. بهترین اصول و روش‌های مهندسی مخزن را شامل می‌شود.
۴. می‌تواند با استفاده از نتایج، برای تشکیل و بررسی اصول رفتاری مکانیزم تولید، مقایسه مکانیزم چاه‌های مجاور، چاه‌های تولیدی خوب در مقابل چاه‌های دارای مشکل، و با منطقه و یا الگوی چاه به کار رود.

۵. با استفاده از WOR برحسب نمودار انباشت تولید نفت، و نمودارهای کاهش نرخ تولید، می‌تواند به عنوان روش بسیار مؤثری برای انتخاب نماینده‌ای برای چاه‌ها، جهت درمان و کنترل تولید آب استفاده شود.

نتایج و بحث:

در جدول شماره ۱- الف (پیوست شماره ۱-۱)، اطلاعات آزمایشگاهی چاه تولیدی شماره ۱-۱، از جمله تولید نفت، گاز و آب به همراه 'GOR', 'GOR', 'WaterCut', 'WOR', 'WOR' آمده است. مرحله اول تولید از منطقه مشبک کاری شده در لایه منیفا صورت گرفته است.

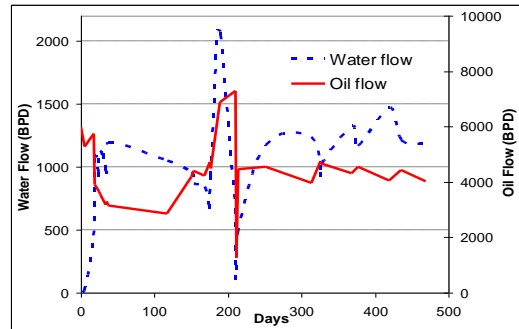
طبق جدول شماره ۱- الف تولید نفت، گاز و آب بر حسب زمان در نمودارهای ۱- الف و ب رسم شده است. با توجه به این نمودارها، افزایش تولید آب و در مقابل کاهش تولید نفت (به ترتیب در نمودارهای ۱- الف)، نشان دهنده رخ دادن اتفاقی در مخزن است. این موضوع با دیدن نمودار ۱- ج که نشان دهنده WaterCut بر حسب زمان است، قابل بررسی است. طبق روش ارائه شده در فصل گذشته، نمودارهای WOR و 'WOR' را در مقیاس لگاریتمی-لگاریتمی برای این چاه رسم نموده‌ایم (نمودار ۱-د). با بررسی این نمودارها، با توجه به اینکه افزایش WOR در همان روزهای اولیه تولید بوده است، بنابراین مشکلات تکمیل چاه می‌تواند پاسخ روند افزایشی نسبت آب به نفت در چاه مورد نظر باشد. با مقایسه با نمودارهای مینا، و شیب تند اولیه برای هر دو نمودار WOR و 'WOR' می‌توان این موضوع را بررسی و تأیید نمود.

جدول شماره ۱- الف : اطلاعات آزمایشگاهی چاه تولیدی شماره ۱- الف

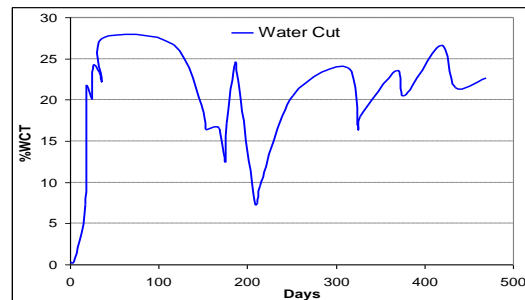
Test No	Date	Time days	Oil flow bbl/day	Water flow bbl/day	Gas flow MMscf/D	Water Cut %	WOR	WOR'	GOR scf/bbl	GOR'
1	22-Aug-05	0	5968	15.0	3.43	0.25	0.0025	0	575	75
2	26-Aug-05	5	5283	13.2	2.79	0.25	0.0025	0.0	528	-40
3	7-Sep-05	17	5748	452.7	6.78	7.30	0.0787	0.1	1179	996
4	8-Sep-05	19	3907	1076.5	6.38	21.60	0.2755	0.5	1632	1155
5	13-Sep-05	25	3653	916.9	6.06	20.07	0.2510	0.0	1658	52
6	14-Sep-05	26	3547	1127.6	6.02	24.12	0.3179	0.2	1696	141
7	20-Sep-05	33	3185	966.3	7.53	23.28	0.3034	-0.1	2364	2546
8	21-Sep-05	35	3299	947.4	7.50	22.31	0.2872	-0.1	2273	-458
9	22-Sep-05	37	3136	1186.7	7.68	27.45	0.3784	0.9	2449	1812
10	11-Dec-05	117	2868	1043.4	7.17	26.68	0.3638	-0.4	2501	1475
11	13-Jan-06	150	4204	955.3	2.99	18.52	0.2272	-2.0	712	-26822
12	15-Jan-06	153	4392	866.4	3.04	16.48	0.1973	-0.2	691	-152
13	29-Jan-06	168	4224	838.9	2.22	16.57	0.1986	0.0	526	-1301
14	4-Feb-06	175	4709	664.6	2.69	12.37	0.1411	-0.6	571	427
15	5-Feb-06	177	4504	931.4	2.70	17.14	0.2068	1.0	599	445
16	14-Feb-06	187	6418	2091.0	4.56	24.57	0.3258	1.6	710	1524
17	15-Feb-06	189	6873	2055.2	4.90	23.02	0.2990	-0.3	712	25
18	7-Mar-06	210	7299	565.8	4.88	7.19	0.0775	-2.8	668	-561
19	8-Mar-06	211	1247	101.3	0.85	7.52	0.0813	0.1	685	473
20	11-Mar-06	215	4455	475.0	3.45	9.64	0.1066	0.9	773	3141

نتیجه گیری

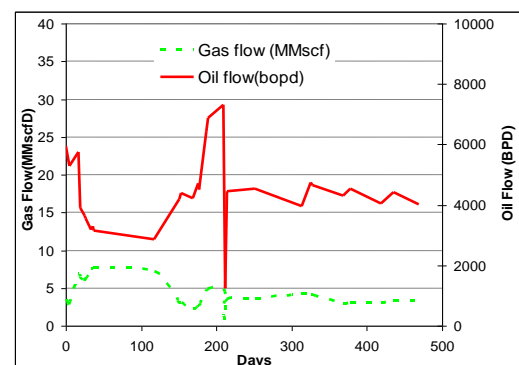
۱. یکی از راه های مؤثر و قابل اطمینان برای پایش و سپس تشخیص منبع تولید آب ناخواسته، انجام آزمایشات سرچاهی مانند نمونه گیری از آب تولیدی، کنترل میزان آب تولیدی و نسبت آن با دبی تولیدی، چاه آزمایشی و انجام عملیات نمودارگیری است.
۲. با استفاده از نمودارهای تشخیص (نمودار لگاریتمی WOR و WOR' بر حسب زمان) می توان پدیده کاناله شدن را علت اصلی تولید آب در برخی چاهها بیان نمود.
۳. میدان مورد مطالعه به عنوان یک مخزن کربناته شکافدار در اطراف چاههای خود دارای شبکه ای از شکافهاست که دارای تراوایی بالا بوده و آب را از چاههای تزریق کننده به سمت چاههای تولیدی هدایت می کند. بنابراین به نظر می رسد علت تولید آب در این مخازن که در مورد برخیاز چاهها اتفاق افتاده است، وجود لایه ها با تراوایی بالا و یا شکاف در اطراف چاههای تولیدی است.
۴. بررسی نمودارهای تشخیص در مورد چاه شماره ۱- که در ابتدا در مخزن منیفا شروع به تولید نموده است، علت آبدهی را مشکلات مربوط به تکمیل چاه، بیان می کند. بررسی های نمودارگیری و حفاری این مورد را تصدیق می کند.
۵. مشکل تولید آب چاه شماره ۱- در مرحله بعدی که از لایه بالاتر (یاماما) برداشت صورت گرفته است، برطرف شده است. لایه منیفا لایه ای با عبوردهی بالاتر از لایه یاماما است که در پایین این لایه قرار دارد.
۶. بررسی ناحیه جنوبی با توجه به اینکه تزریق همزمان گاز و آب در آن صورت می گیرد، نشان می دهد پدیده تولید آب اضافی در آن رخ نداده است. در مقابل کاناله شدن خفیفی برای چاه شماره ۲- پیش بینی می شود.
۷. چاههای نواحی شمال غربی و شمال شرقی (به جز چاههای دارای GOR بالا)، عموماً دچار پدیده کاناله شدن آب، شده اند.
۸. تزریق همزمان آب و گاز تنها در یکی از نواحی (ناحیه جنوبی) صورت می گیرد که با وجود یکسان بودن تقریبی مخازن از لحاظ ساختمانی، تولید آب در این چاهها رخ نداده است و دارای WCT پایینی هستند. به نظر می رسد تزریق گاز در این چاهها پدیده تولید آب را تحت تأثیر قرار داده است.



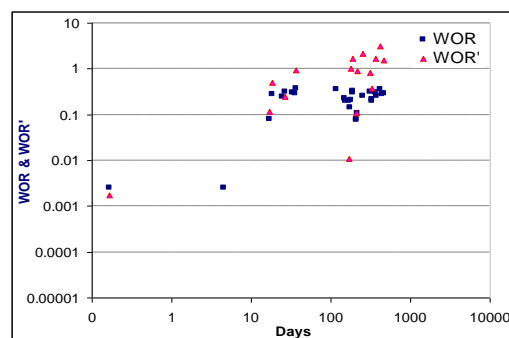
شکل ۱- الف: نمودار تولید نفت و آب چاه شماره ۱- الف



شکل ۱- ج: نمودار WCT چاه شماره ۱- الف



شکل ۱- ب: نمودار تولید نفت و گاز چاه شماره ۱- الف



شکل ۱- د: نمودار WOR و WOR' چاه شماره ۱- الف

۹. با بررسی نمودارهای تشخیص مربوط به چاه شماره-۳، می توان پدیده کاناله شدن گاز را برای این چاه یادآوری نمود.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی، روش شناسی و تحلیل داده ها: و نگارش نهایی: علی رضانی

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر، فرم های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی ها تکمیل شد.

تشکر و قدردانی

نویسنده از معاونت پژوهشی دانشگاه مرودشت به خاطر حمایت در انجام کار تحقیقاتی حاضر تشکر و قدردانی می کند.

References

- [1] Inikori, S. O., "Numerical Study of Water Coning Control with downhole water Sink (DWS) Well Completions in Vertical and Horizontal Wells", B. Engineering, University of Nigeria, Nsukka-Nigeria, 1988 M. Engineering, University of Benin, Benin City-Nigeria, 1993 August 2002, pages 1-20.
- [2] Reynolds, R. R. with a contribution from Kiker, D. R., "Produced Water and Associated Issues", A manual for the independent operator, Oklahoma Geological Survey, Open-File Report, 2003.
- [3] Saxon, A., Chariag, B. and AbdelRahman, M. R., "An effective Matrix Diversion Technique for Carbonate Formations", SPE 37734, 1997, Pages 46-49.
- [4] Chan, K.S., "Water Control Diagnostic Plots", paper SPE 30775, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, Oct. 22-25, 1995, pages 755-763.
- [5] Aminian, K., "Water Production Problems and Solutions-Part 1", Petroleum & Natural Gas Engineering Department, West Virginia Department, 2005.
- [6] Bailey, B., Crabtree, M., Tyrie, J. Aberdeen, Elphick, J., Kuchuk, F., Romano, C. and Roodhart, L., "Water Control Oilfield Review", spring 2000, pages 31-40.
- [7] Seright, R. S., Lane, R. H., and Sydansk, R.D., "A Strategy for Attacking Excess Water Production", SPE Production and Facilities, August 2003, 158-169.
- [8] Al-Ghanim, J. A. and Al-Nufaili, S. A., "Middle East Field Water Production Mechanisms", SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition, 20-22 January 2010, Paper Number 127934-MS DOI.
- [9] Fondyga, T., Schelemberger Data & Consulting Services, "Diagnostic Technique for Water Control", Trinidad SPE Presentation June 25, 2008.
- [10] Al-Dhafeeri, A.M. and Al-Harith, A.M., "Evaluation of Rigless Water Shutoff Treatments To Be Used in Arab-C Carbonate Reservoir in Saudi Arabia", CIPC/SPE Gas Technology Symposium 2008 Joint Conference, Calgary, Alberta, Canada Copyright 2008, SPE Paper Number 114331-MS DOI, 16-19 June 2008.
- [11] Cubitt, J., "Well Test Analysis: The Use of Advanced Interpretation, Handbook of Petroleum Exploration and Production 3", Dominaque Bourdet Consultant, Paris, France, 2002 Elsevier pages 36-37.
- [12] Yang, Z. and Ershaghi, I., "A Method for Pattern Recognition of WOR Plots in Waterflood Management", SPE Western Regional Meeting, Mar 30 - Apr 01, 2005, Irvine, California, Paper Number 93870-MS.
- [13] Perez, D., Fragachan, F.E., Barrera, A. R. and Feraud, J.P., "Applications of Polymer Gel for Establishing Zonal Isolations and Water Shutoff in Carbonate Formations", SPE Drilling & Completion, Volume 16, Number 3, September 2001, Paper Number 73196-PA, Pages 182-189.
- [14] Burrafato, G. and Pitoni, E., Perez, D. and Cantini, S., "Water Control in Fissured Reservoirs Diagnosis and Implementation of Solutions: Cases from North Italy", Offshore Europe, 6-9 September 2005, Aberdeen, United Kingdom, Paper Number 96569-MS.

[15] Lullo, G. D., and Rae,P., "New Insights into Water Control - A Review of the State of the Art", SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 8-10 October 2002, Melbourne, Australia, Paper Number77963-MS.

[16] Vafaie, S.M.,Dadvand K. A. and Hasheminasab, R., "Polyacrylamide Gel Polymer as Water Shut-off System: Preparation and Investigation of Physical and Chemical Properties in One of the Iranian OilReservoirs Conditions",Oil, Gas and Thermodynamic Research Group, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. IRAN, Vol. 26, No.4, 2007. Page 99-108.

[17] Bai, B., Li,L., Liu,Y., Liu, H. Wang,Z. and You, Ch., "Preformed Particle Gel for Conformance Control: Factors Affecting Its Propertiesand Applications", August 2007, Reservoir Evaluation & Engineering, Paper Number SPE 89389,pages 415-416.