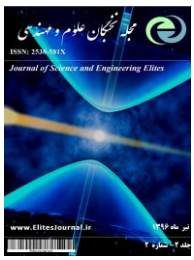
مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
ISSN 2538-581X
جلد ۲- شماره ۲- سال ۱۳۹۶
www.ElitesJournal.ir



بررسی تزریق گازهای نیتروژن و دی اکسید کربن در مخزن آسماری یکی از مخازن کربناته شکافدار طبیعی غرب ایران

احمد لطیفی[۱*]، بهرام سلطانی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت دانشگاه آزاد واحد امیدیه

۲- عضو هیئت علمی دانشکده نفت دانشگاه آزاد واحد امیدیه

*Latify100@yahoo.com

ارسال: اردیبهشت ماه ۹۶ پذیرش: تیر ماه ۹۶

خلاصه

فرآیندهای تزریق گاز یکی از موثر ترین روش های ازدیاد برداشت از مخازن شکافدار طبیعی هستند. در روش تزریق گاز مکانیزم های بهبود بازیافت شامل نفوذ ملکولی، ریزش ثقلی، متورم شدن نفت دورن ماتریکس و جابجایی ویسکوز می باشد. در روش تزریق گاز نوع گاز تزریقی، شرایط تزریق (امتزاجی یا غیرامتزاجی بودن) و دبی گاز تزریقی بر روی بازیافت نفت از ماتریکس بلاک های سنگ مخزن شکافدار موثر می باشد. ریزش ثقلی توسط واکنش متقابل نیروهای موینگی و گراویتی کنترل می شود. همچنین افزایش نفوذ و پراکندگی حین تزریق گاز موجب افزایش بازیافت نفت می گردد. در این تحقیق هدف اصلی مطالعه و شبیه سازی تزریق سیالات غیر هیدروکربنی دی اکسید کربن در مخازن آسماری میدان گچساران می باشد.نیتروژن و دی اکسید کربن گازهای غیر هیدروکربوی می باشند که برای تزریق در دسترس می باشند. حداقل فشار امتزاجی توسط شبیه سازی لوله باریک برابر ۲۷۰۰ پام تخمین زده شده است. مدل سیال مخزن توسط PVTi ساخته شده است و یک سکتور مدل مخزن تخلخل دوگانه با فعال نمودن ریزش ثقلی و نفوذ ملکولی ساخته شده است و شبیه سازی توسط ایکلیپس ۳۰۰ انجام شده است. سناریوهای مختلف شبیه سازی شامل تزریق آب، تزریق گاز دی اکسیدکربن انجام شده است که بهترین حالت تزریق گاز دی اکسیدکربن با ضریب بازیافت ۴۷.۸ درصد می باشد.

کلمات کلیدی: مخازن شکافدار، ریزش ثقلی، تزریق گاز، بازیافت نفت، سازند آسماری، نفوذ ملکولی.

۱. مقدمه

در مخازن کربناته شکافدار طبیعی ایران که اغلب ترشوندگی حالت نفت دوست و میانه دارند ناحیه مورد هجوم گاز[1] گسترش یافته است. در این ناحیه ماتریکس بلاک های اشباع از نفت توسط شکاف های اشباع ازگاز محصور شده است و نفت به دلیل اختلاف دانسیته با گاز از ماتریکس به شکاف ریزش می یابد. ریزش ثقلی فقط در صورتی رخ می دهد که ارتفاع ماتریکس بلاک ها بیشتر از ارتفاع موینگی آستانه باشد [۱]. گراوایتی و مویینگی نیروهای عمده در مخازن شکافدار هستند در حالیکه

[1] Gas Invaded Zone

در مخازن معمولی نیروی ویسکوز غالب می باشد. آشام مجدد مرتبط با نیروهای گراویتی و مویینگی است و پیوستگی مویینگی مرتبط با فشار مویینگی شکاف می باشد. در پدیده های پیوستگی مویینگی و آشام مجدد در فرآیند ریزش ثقلی نقش دارند. در ریزش نفت از یک ماتریکس بلاک به درون شبکه شکاف، نفت به ماتریکس بلاک زیرین آشام مجدد می یابد. بنابراین آشام مجدد بر روی دبی تولید به دلیل ریزش ثقلی و جابجایی ویسکوز اثر می گذارد. قدرت نیروی آشام مجدد به بزرگی فشار مویینگی نفت-گاز بستگی دارد [۲].

شبیه سازی فرآیند بلاک به بلاک در مخازن شکافدار طبیعی بر اساس مدل تخلخل-تراوایی دوگانه را مورد بررسی قرار داد و اثر آن بر روی مکانیزم ریزش ثقلی گاز-نفت مورد ارزیابی قرار داد [۱]. یکی از معایب مدل های تخلخل دوگانه اینست که عمق ماتریکس و شکاف برابر فرض می شود که اثر گراویتی بر روی تبادل سیال بر روی ماتریکس و شکاف بطور صریح نمی باشد. همچنین انتقال سیال بین ماتریکس بلاک های مختلف در نظر گرفته نمی‌شود.

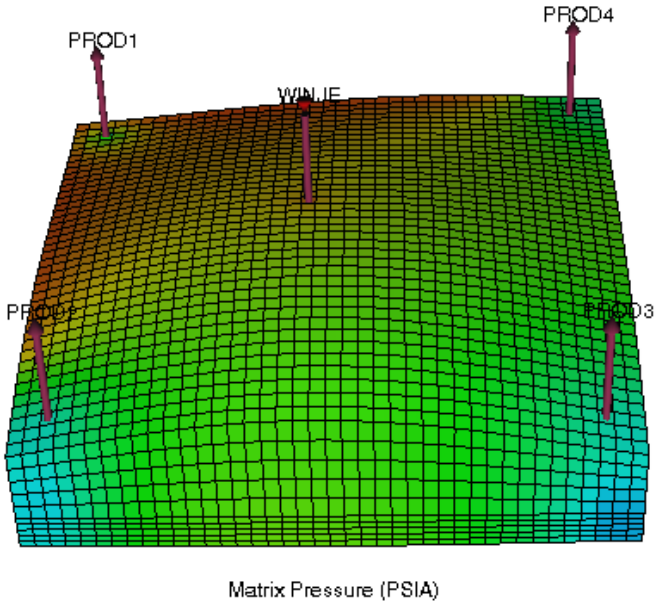
در ریزش ثقلی گاز، به دلیل فشار مویینگی فشار نفت دورن ماتریکس بلاک کمتر از فشار گاز در شکاف است. فشار کمتر نفت دورن ماتریکس ها موجب جریان نفت دورن ماتریکس شده و مانع جریان نفت از ماتریکس به شکاف می شود.جریان نفت در شکاف در پایین بلاک ها توسط جذب مجدد به بلاک زیرین بیشتر از جریان در شکاف است که به دلیل اینست که فشار نفت در ماتریکس کمتر از فشار آن در شکاف است. جریان جذب مجدد نفت موجب تاخیر در بازیافت نفت از ماتریکس می گردد که اگر نرخ جذب مجدد بالا باشد این تاخیر بیشتر می گردد. جریان بین ماتریکس و شکاف توسط نیروهای مویینگی و گراویتی کنترل می شود هر چند نیروهای دیگر مانند انبساط، دیفیوژن و ویسکوز نیر بر روی فرآیند بازیافت ممکن است اثر داشته باشند. در سیستم آب-نفت از اثر دیفیوژن صرف نظر می شود و همچنین اگر جابجایی آب در فشار ثابت بالاتر از فشار نقطه حباب انجام شود نقش انبساط نیز در نظر گرفته نمی شود. در این حالت فشار مویینگی نقشی مثبت داشته و در سنگ مخزن با ترشوندگی آب دوست مکانیزم آشام مویینگی فعال می باشد. این مکانیزم برای ماتریکس بلاک های با اندازه کم اثر بیشتری داشته و با افزایش ارتفاع ماتریکس بلاک ها پتانسیل آن کاهش می یابد [۶].

Kyte با مطالعه فرآیند بازیافت نفت برای جابجایی آب با در نظر گرفتن اثرات مویینگی و گراویتی نشان داد که بازیافت نفت سنگ با ترشوندگی آبدوستی کم برای مکانیزم آشام مویینگی بسیار کمتر از جدایش ثقلی می باشد [۳]. برای ماتریکس بلاک های با اندازه زیاد اثرات گراویتی مکانیزم غالب تری می باشد. برای سیستم نفت-گاز، فشار مویینگی مانع از تبادل سیال شکاف-ماتریکس شده و خروج نفت فقط در صورتیکه رخ می دهد که اختلاف ارتفاع سطح گاز –نفت در ماتریکس و شکاف بیشتر از ارتفاع آستانه مویینگی باشد. اگر ارتفاع ماتریکس بلاک ها کوچک تر از ارتفاع آستانه مویینگی باشد، نفت از ماتریکس بلاک ها فقط در صورتی خارج می شود که پیوستگی مویینگی بین بلاک ها وجود داشته باشد. فرآیند بلاک به بلاک (پیوستگی مویینگی) که تماس ستون بلاک های عمودی است موجب افزایش بازیافت نفت می‌شود[۴].

نفوذ گاز از شکاف های به درون ماتریکس موجب خروج نفت از آن می شود و همچنین تا حدودی میانشکن شدن گاز از طریق شکاف ها را به تاخیر می اندازد. در نتیجه بازده جابجایی و جاروبی افزایش می یابد.مکانیزم های بازیافت نفت اصلی طی تزریق گاز به مخازن شکافدار طبیعی شامل ریزش ثقلی، نفوذ ملکولی و جابجایی ویسکوزی می باشد. تاثیر نسبی این مکانیزم ها بستگی به عوامل مختلفی از جمله تراوایی ماتریکس، شدت شکاف ها، خواص سیال، دبی تزریق، فشار و دمای مخزن دارد. جریان ویسکوز بطور مستقیم در بازیافت نفت نقش ندارد زیرا گاز تزریقی از طریق شکاف های با تراوایی بالا که درصد حجمی کمی را شامل می شود بصورت کانالی انتقال می یابد. ریزش ثقلی (توسط اختلاف دانسیته نفت و گاز) در ماتریکس بلاک های با تراوایی بالا نقش مهمی در بازیافت نفت دارند. در حالتی که تراوایی ماتریکس پایین و شدت شکاف ها زیاد باشد نفوذ ملکولی مکانیزم غالبی می باشد [۳].

۲. شبیه‌سازی با نرم افزار اکلیپس

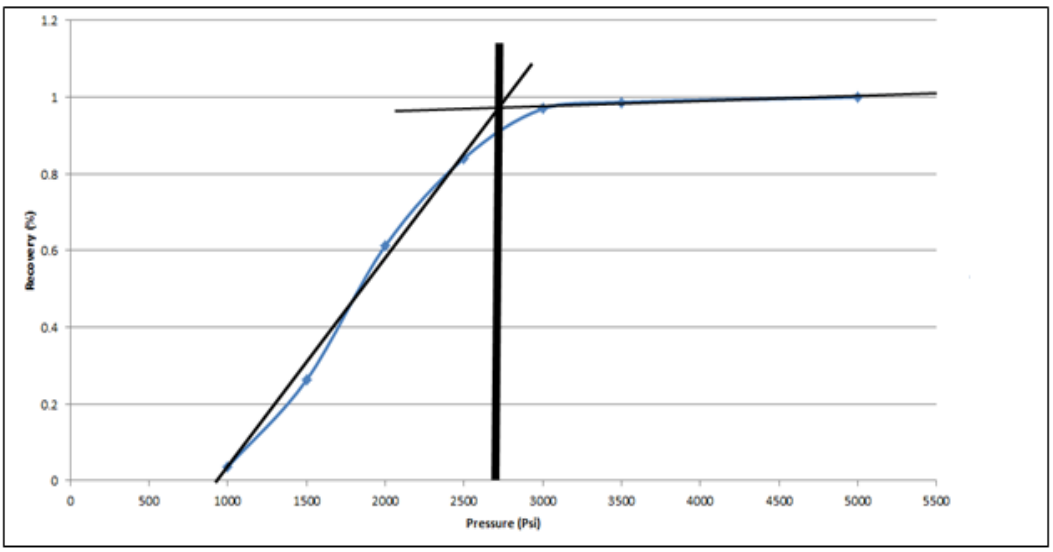
برای این تحقیق یک سکتور مدل تخلخل دوگانه با فعال نمودن مکانیزم های ریزش ثقلی و نفوذ ملکولی استفاده شده است که آرایش چاه ها بصورت ۵ نقطه ای می باشد.



شکل۱- شماتیک سکتور مدل مخزن

تراوایی شکاف ها برابر ۲۰۰۰ میلی دارسی و تخلخل ۰/۰۰۲ درصد می باشد. تخلخل ماتریکس بلاک های بطور متوسط برابر ۱۰ درصد و تراوایی ماتریکس ۱ میلی دارسی می باشد و همچنین ارتفاع بلاک ها برابر ۵ فوت در نظر گرفته شده است. فشار اولیه مخزن در عمق مبنا برابر ۲۱۰۰ پام می باشد. شار آب ورودی به مخزن پایین بوده و مخزن دارای کلاهک گازی گسترش یافته می باشد. ترشوندگی ماتریکس بلاک ها نفت دوست مایل به حالت میانه می باشد.

در این مخزن بیشترین اشباع نفت باقیمانده در ناحیه مورد هجوم گاز می باشد که هدف از تزریق گاز بازیافت نفت به دام افتاده در این ناحیه می باشد. برای محاسبه حداقل فشار امتزاجی (MMP) از شبیه سازی لوله باریک (Slim tube) استفاده شده است که حداقل فشار امتزاجی برابر ۲۷۰۰ پام محاسبه شده است.

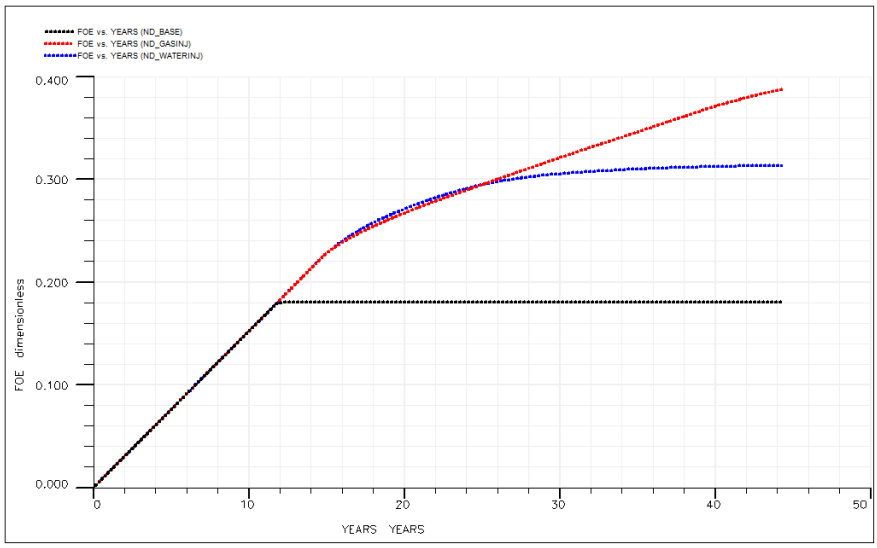


شکل۲- تخمین حداقل فشار امتزاجی

با توجه به فشار متوسط کنونی مخزن برابر ۲۱۰۰ پام تزریق گاز بصورت غیرامتزاجی می باشد. در تزریق گاز غیرامتراجی ضریب نفوذ گاز به دورن نفت کمتر و آهسته تر می باشد. گاز تزریقی درون شبکه شکاف ها انتقال یافته و با تبادل سیال شکاف و ماتریکس، به خروج نفت دورن ماتریکس کمک می نماید.

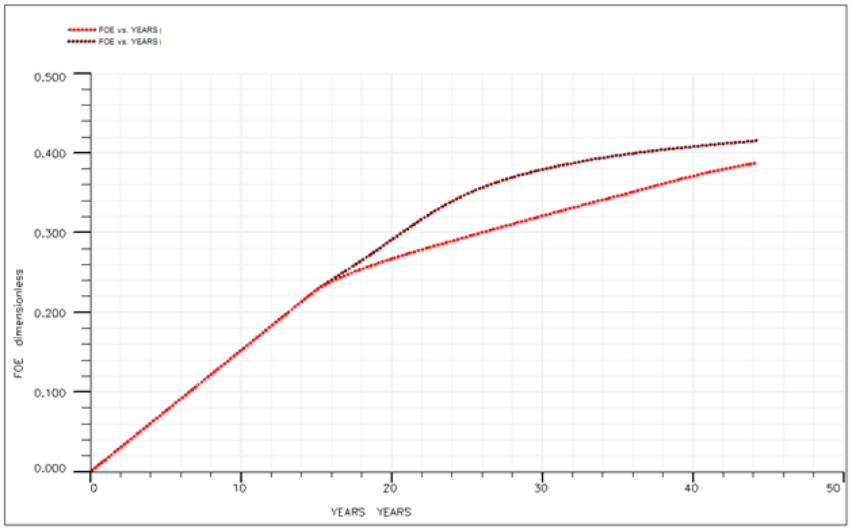
۳. شبیه سازی تزریق دی اکسیدکربن

ابتدا برای ارزیابی تزریق آب و تزریق گاز و مقایسه با حالت تخلیه طبیعی با انرژی مخزن شبیه سازی در سه سناریوی ذکر شده است. نتایج سناریوی تخلیه طبیعی، تزریق آب و تزریق گاز در نمودار زیر نشان داده شده است که ضریب بازیافت برای تخلیه طبیعی ۱۸ درصد، برای تزریق آب برابر ۳۱.۸ درصد و برای تزریق گاز دی اکسیدکربن ۳۸.۲ درصد شده است.



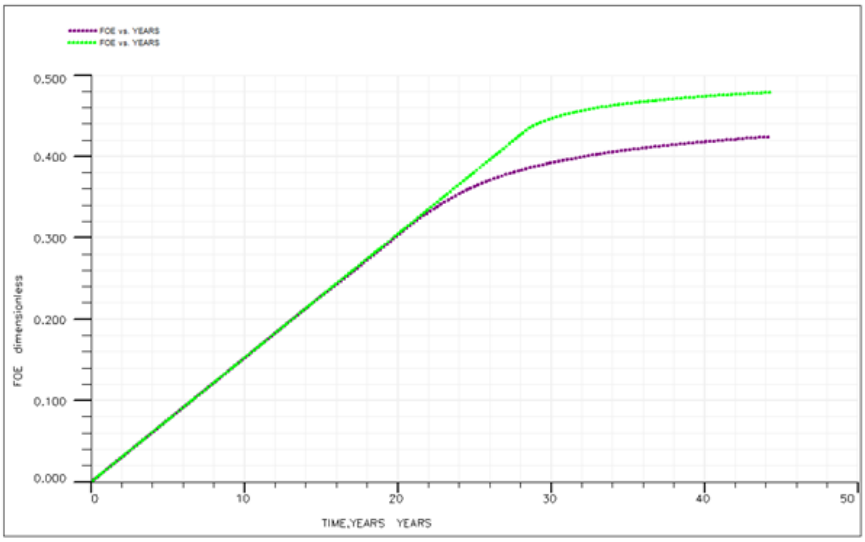
شکل۳- نمودار ضریب بازیافت برای تزریق آب و تزریق گاز

تزریق گاز دی اکسیدکربن برای این مخزن افزایش بازیافت چشمگیری داشته است لذا افزایش دبی تزریق از ۵۰۰۰ فوت مکعب به ۱۰۰۰۰ فوت مکعب در روز به مخزن تزریق شده است که نتایج آن در نمودار زیر نشان داده شده است. افزایش دبی تزریق گاز دی اکسیدکربن موجب افزایش ضریب بازیافت تا ۴۱.۸ درصد شده است. گاز دی اکسیدکربن به دلیل دانسیته پایین و اختلاف دانسیته زیاد با نفت مخزن باعث افزایش عملکرد ریزش ثقلی شده و بازیافت نفت از ماتریکس بلاک ها افزایش می یابد.



شکل۴- نمودار ضریب بازیافت برای افزایش دبی تزریق گاز

در مخازن شکافدار طبیعی پس از تولید و اجرای فرآیندهای تزریق گاز سطوح تماس سیالات تغییر نموده و ناحیه گاز زده گسترش می یابد. در این حالت ستون نفتی کاهش یافته و بازیافت نفت کاهش می یابد. در این مخازن بیشترین اشباع نفت باقیمانده در ناحیه مورد هجوم گاز می باشد که می توان بعنوان هدف ازدیاد برداشت مورد توجه قرار گیرد. در این سناریوی برای بهبود این فرآیند تغییر مکان های تزریق گاز و همچنین تغییر موقعیت چاه های تولیدی سعی در افزایش بازیافت نفت شده است. برای اینکار چاه های تزریقی گاز در بخش بالایی مخزن تکمیل شده است و چاه های تولیدی در ناحیه نفتی بصورت افقی حفاری شده است. هدف از این کار بهبود مکانیزم ریزش ثقلی می باشد. تزریق گاز با دبی های مختلف برای ارزیابی دبی مناسب انجام شد که دبی تزریق ۷۰۰۰ فوت مکعب در روز بهترین حالت بود و دبی های بالاتر تاثیر چشمگیری بر روی ضریب بازیافت نداشته است.



شکل۵- نمودار ضریب بازیافت در حالت بهینه

تزریق گاز دی اکسیدکربن با دبی ۷۰۰۰ فوت مکعب در روز و تکمیل چاه های تولیدی افقی موجب افزایش بازیافت نفت تا ۴۸ درصد شده است. اختلاف دانسیته بالای دی اکسیدکربن درون شکاف و نفت درون ماتریکس موجب افزایش بازیافت نفت شده است و نفت بیشتری از ماتریکس بلاک ها خارج شده است. همچنین چاه های تولیدی افقی سطح تماس بیشتری برای مخزن و چاه ایجاد نموده است که موجب بهبود بازیافت نفت شده است. مکانیزم های غالب تزریق گاز دی اکسیدکربن برای مخزن کربناته شکافدار موجود ریزش ثقلی، نفوذ ملکولی و پراکندگی فاز گاز می باشد. با توجه به تراوایی پایین ماتریکس های سنگ و ارتفاع کم بلاک ها نفوذ ملکولی که فرآیندی آهسته می باشد می تواند در طولانی مدت یک مکانیزم فعال برای افزایش بازیافت نفت باشد.

۴. نتایج

سناریوهای مختلف شبیه سازی شامل تخلیه طبیعی ، تزریق گاز نیتروژن، تزریق دی اکسید کربن و همچنین تزریق دی‌اکسیدکربن در ناحیه مورد هجوم گاز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج سناریوهای مختلف به شرح زیر می باشد:

۱. در سناریوی تولید طبیعی ضریب بازیافت ۱۸ درصد است که در تزریق آب به ۳۱.۸ درصد و برای تزریق گاز دی‌اکسیدکربن مخزن به ۳۸.۲ درصد رسیده است.
۲. در سناریوی تزریق دی اکسیدکربن افزایش دبی تزریق برای این مخزن عملکرد بهتری دارد و ضریب بازیافت به ۴۱.۸ درصد رسیده است. در این مخزن شکافدار کربناته طبیعی میکانیزم ریزش ثقلی یک مکانیزم غالب است که تزریق گاز باعث افزایش بازده آن شده و ضریب بازیافت افزایش یافته است.

۳. بهینه سازی مکان چاه های تزریقی و تولیدی موجب بهبود بازیافت نفت شده است. تزریق گاز در بخش بالایی مخزن و تکمیل چاه های تولیدی بصورت افقی موجب افزایش بازیافت به ۴۸ درصدی شده است. اختلاف دانسیته بالای دی اکسیدکربن درون شکاف و نفت درون ماتریکس موجب افزایش بازیافت نفت شده است و نفت بیشتری از ماتریکس بلاک ها خارج شده است.

۴. حفاری چاه های تولیدی افقی سطح تماس بیشتری برای مخزن و چاه ایجاد می نماید که موجب بهبود بازیافت نفت می گردد. با توجه به تراوایی پایین ماتریکس بلاک ها و همچنین ارتفاع کم بلاک مکانیزم های غالب تزریق گاز دی اکسیدکربن برای مخزن کربناته شکافدار موجود ریزش ثقلی، نفوذ ملکولی و پراکندگی فاز گاز می باشد.

۵. منابع

1. Larry S.-K. Fung. Simulation of Block-to-Block Processes in Naturally Fractured Reservoirs. SPE Reservoir Engineering, November 1991.

2. J.R. Gilman. Kazemi. Improved Calculations for Viscous and Gravity Displacement in Matrix Blocks in Dual-Porosity Simulators. Journal of Petroleum Technology, Volume 40, Issue 01. 1988.

3. .Kyte, J.R.: "A Centrifuge Method to predict matrix-block recovery in fractured reservoirs", SPEJ, Vol. 10, No. 2, June 1970, pp. 164-170.

4. M.Pratap, J.Kleppe. Vertical Capillary Continuity Between the Matrix Blocks in a Fractured Reservoir Significantly Improves the Oil Recovery by Water Displacement. SPE 37725. Middle East Oil Show held in Bahrain, 15–18 March 1997.

5. Barkve, T., Firoozabadi, A., 1992. Analysis of reinflitration in fractured porous media. Paper SPE. 24900 presented at the SPE Annual Technical Conf. and Exhib., 4-7 October. Washington, DC, USA.

6. A.Jamili, G. P. Willhite, D.W. Green. Modeling Gas-Phase Mass Transfer Between Fracture and Matrix in Naturally Fractured Reservoirs. SPE Western Regional Meeting, 27-29 May, Anaheim, California, USA.2010.

7. H.Shojaei, K.Jessen.Diffusion and Matrix-Fracture Interactions during Gas Injection in Fractured Reservoirs. SPE-169152-MS.SPE Improved Oil Recovery Symposium, 12-16 April, Tulsa, Oklahoma, USA. 2014.

8. M.R. Alhamdan, and Y.Cinar,Gravity Drainage Effects on Compositional Displacements in Fractured Reservoirs. SPE-172667-MS.SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference held in Manama, Bahrain, 8–11 March 2015.