



مطالعه و شبیه‌سازی پتانسیل تزریق دی‌اکسید کربن در یکی از مخازن نفتی شکاف‌دار ایران

محمدجواد نبوی زاده^۱، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

بهدی شری پور افشار^۲، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

چکیده

در این مقاله تزریق گاز دی‌اکسید کربن به عنوان مکانیزم برداشت ثالثیه^۲ در یکی از مخازن نفتی شکاف‌دار ایران شبیه‌سازی شده است. به دلیل اینکه تزریق امتزاجی گاز دی‌اکسید کربن سبب استحصال نفت بیشتری می‌شود، لذا جهت شبیه‌سازی دقیق تر فرآیند تزریق امتزاجی از نرم‌افزار شبیه‌ساز ترکیبی^۳ Eclipse 300 استفاده شده است. با توجه به اینکه مخزن مورد اشاره از نوع مخازن شکاف‌دار بوده و هم‌چنین شبیه‌سازی نیز از نوع ترکیبی است، پیچیدگی کار و زمان اجرای برنامه شبیه‌ساز به حدی افزایش می‌یابد که برای شبیه‌سازی کامل مخزن نیازمند رایانه‌هایی حجیم و با سرعت بالا هستیم. لذا در این مقاله یک قالب ماتریکسی^۴ از مخزن به همراه شکاف‌های اطراف آن جهت شبیه‌سازی انتخاب شده است.

ابتدا توسط نرم‌افزار PVTi و با استفاده از داده‌های مخزنی معادله حالت سیال مخزن همراه با ضرایب آن ساخته شده، سپس حداقل فشار امتزاج پذیری به وسیله شبیه‌سازی لوله قلمی^۵ نرم‌افزار Eclipse مشخص گردید. پس از مشخص شدن فشارهای مذکور، کدنویسی نرم‌افزار Eclipse 300 آغاز شد. همچنین از سایر داده‌های مخزن از جمله داده‌های SCAL جهت رسم نمودار اشباع بر حسب تراوایی نسبی و فشار موینگی استفاده شده و سپس این اطلاعات به عنوان داده‌های ورودی نرم‌افزار استفاده شدند. پس از انجام شبیه‌سازی اولیه، تأثیر عوامل مختلف مانند حساسیت به شبکه‌بندی، ارتفاع ماتریکس، نوع گاز تزریقی، فشار مخزن و تراوایی ماتریکس با انجام شبیه‌سازی‌های مجدد مورد بررسی قرار گرفت و اثر تغییر این عوامل بر مقدار ضریب برداشت از مخزن^۶ مشخص گردید.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی ترکیبی، مخزن نفتی شکاف‌دار طبیعی، تزریق امتزاجی، قالب ماتریکسی، شبیه‌سازی لوله قلمی.

مقدمه

شکاف‌دار به دلیل وجود دو ناحیه ماتریکس و شکاف که دارای مشخصات مخزنی متفاوت از هم می‌باشند، نسبت به مخازن مرسوم دارای پیچیدگی به مراتب بیشتری به لحاظ پیش‌بینی روند جریان سیال و همچنین شبیه‌سازی هستند. از آنجا که به طور معمول بیشترین مقدار نفت موجود در مخازن شکاف‌دار در درون ماتریکس هاست، لذا در ازدیاد برداشت از مخازن نفتی شکاف‌دار، باید از روش‌هایی استفاده کرد که قادر به جابجایی نفت موجود در ماتریکس‌ها باشند. یکی از مهم‌ترین راهکارهای ازدیاد برداشت از مخازن شکاف‌دار استفاده از مکانیزم ریزش ثقلی^۷ در درون ماتریکس است. در این خصوص تزریق امتزاجی گاز به خصوص گاز دی‌اکسید کربن به لحاظ پایین بودن فشار امتزاجی آن و همچنین فراهم آوردن امکان مکانیزم ریزش ثقلی در ماتریکس، بسیار مؤثر بوده و باعث افزایش قابل توجهی در ضریب برداشت نهایی از این نوع مخازن می‌شود. تجارب حاصل از

صیانت از مخازن نفتی به منظور افزایش برداشت نفت، همواره از دغدغه‌های کشورهای دارنده نفت به شمار می‌رود و هر ساله مبالغ زیادی در جهان صرف بودجه‌های تحقیقاتی به منظور ازدیاد برداشت از مخازن نفتی شده و دارندگان ذخایر نفتی می‌کوشند تا با روش‌های جدیدتر و کم هزینه‌تر، بالاترین بهره‌وری را از منابع خود داشته باشند. یکی از روش‌های مرسوم افزایش برداشت از مخازن، فرآیند جابجایی نفت به وسیله تزریق گاز است. تزریق گاز قابل امتزاج با نفت برای کاهش و یا از بین بردن نیروی کشش سطحی انجام می‌شود [۱]. از نظر تئوری اگر نیروی کشش سطحی بین نفت و سیال جابجاکننده به طور کامل حذف گردد، نفت باقیمانده درون مخزن به کمترین مقدار ممکن خود خواهد رسید. از طرفی عمده مخازن نفت خاورمیانه و هم‌چنین کشور ایران از جنس مخازن شکاف‌دار هستند. مخازن

محاسبه می شود.

$$RF = \left(1 - \frac{S_o}{S_{oini}}\right) \quad (1)$$

که در این معادله S_o اشباع فعلی نفت و S_{oini} اشباع اولیه نفت درون ماتریکس است.

۳- مکانیزم تولید از ماتریکس منفرد مفروض

۳-۱- توضیح پدیده ریزش ثقلی

پدیده جابجایی اشباع تر^۱ در مخازن شکاف دار زمانی رخ می دهد که فاز غیر ترشونده^{۱۱} که شکاف ها را اشغال کرده، فاز ترشونده^{۱۲} را از درون ماتریکس جابجا کند. اگر این جابجایی به سبب اختلاف در چگالی دو سیال باشد آن را ریزش ثقلی می نامند. به طور کلی در تولید نفت از مخزن شکاف دار، مکانیزم های مختلفی از جمله انبساط، رانش گاز محلول، اشباع غیر تر آب^{۱۳} و ریزش ثقلی گاز ممکن است در مراحل مختلف عمر مخزن در تولید دخیل باشند. لیکن ریزش ثقلی گاز به طور محسوس زمانی رخ می دهد که گاز آزاد که شکاف ها را اشغال کرده، نفت درون ماتریکس را جابجا کند [۴].

۳-۲- شرایط ورود گاز به ماتریکس منفرد مدل سازی شده

با توجه به شکل ۱ و با در نظر گرفتن فرضیات ذیل می توان محاسبات مربوط به شرایط ورود گاز به ماتریکس را ارائه داد.
* رأس ماتریکس به عنوان سطح تراز مرجع^{۱۴} در نظر گرفته می شود.

* شکاف های جانبی ماتریکس نفوذ ناپذیر هستند.

* مکان جبهه پیش ران گاز در فاصله Z از سطح تراز مرجع در نظر گرفته می شود.

* ارتفاع ماتریکس برابر H و ارتفاع آستانه برابر h_{Th} است. از طرفی در هنگام ورود گاز به ماتریکس از رأس آن، مقدار Z

ابعاد و خواص ثابت ماتریکس و شکاف	
طول ماتریکس	۲۰ فوت
عرض ماتریکس	۲۰ فوت
عرض شکاف عمودی	۰/۰۱ فوت
ارتفاع شکاف افقی	۰/۰۱ فوت
تراوایی شکاف	۱۰۰ داریسی
تخلخل ماتریکس	۵٪
تخلخل شکاف	۱۰۰٪

سیلاب زنی با دی اکسید کربن در جهان، نشان می دهد استفاده از گاز دی اکسید کربن به عنوان گاز تزریقی می تواند باعث افزایش ۷ تا ۱۵ درصدی بازیافت نفت گردد [۲].

۱- مشخصات مخزن

این میدان که در جنوب غرب ایران واقع شده، دارای ابعادی به وسعت ۱۴×۴ کیلومتر مربع در لایه آسماری و ۱۸×۵ کیلومتر مربع در لایه بنگستان است. وجود هیدروکربور در این میدان در سال ۱۳۵۰ با حفر چاه شماره ۱ اثبات گردید. در این مقاله مخزن بنگستان میدان شیبه سازی شده است. جنس سنگ این مخزن، کربناته بوده و دارای نفت با درجه سبکی (API) ۲۷/۷، فشار ۵۷۸۰ پام در عمق مبنای ۱۱۴۳۰ فوت زیر سطح دریا، فاقد کلاهک گازی و دمای ۲۳۸ درجه فارنهایت است.

۲- شرح مدل

در این مطالعه یک ماتریکس بلاک منفرد احاطه شده توسط شکاف به منظور بررسی و مطالعه تغییرات جریان سیال از ماتریکس به شکاف، به روش بازیافت موئینگی/گرانشی در نظر گرفته شده است. در ابتدا ماتریکس پر از نفت شده و شکاف ها نیز توسط گاز تزریقی (گاز دی اکسید کربن یا گاز هیدروکربنی) اشغال شده اند. هنگامی که یک ماتریکس بلاک اشباع شده از نفت توسط گاز موجود در شکاف احاطه شده باشد، در صورتی که ارتفاع ماتریکس از ارتفاع ورود موئینگی بیشتر باشد، بر اثر اختلاف چگالی نفت و گاز، نفت از درون ماتریکس تخلیه خواهد شد. عدم وجود فشار موئینگی و تراوایی بالای شکاف نشان می دهد که نیروهای ویسکوز در مقابل نیروهای گرانث و موئینگی ناچیز هستند [۳].

در مدل ارائه شده با تعریف حجم حفرات^{۱۵} بزرگی برای شکاف، اثرات چاه های تولیدی و تزریقی حذف گردید. ماتریکس همواره توسط گاز تزریقی احاطه شده و نفت تولیدی از آن همواره وارد شکاف می شود. در ضمن با توجه به اینکه هیچ گونه جریان مرزی میان چاه تولیدی و چاه تزریقی وجود ندارد، لذا گرادیان های فشاری جانبی نیز ناچیز در نظر گرفته شده است.

ابعاد و برخی مشخصات ماتریکس و شکاف در جدول ۱ نشان داده شده است. یک شبکه دو بعدی کارترین به گونه ای که ماتریکس توسط دو شکاف افقی و یک شکاف عمودی در سمت راست احاطه شده باشد، در نظر گرفته شده است. علت در نظر گرفتن یک شکاف عمودی وجود تقارن در ماتریکس است. با در نظر گرفتن اشباع میانگین نفت^۹، شاخص بازیافت نفت در ماتریکس توسط فرمول زیر



برای تعیین خصوصیات سیال با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی شامل آزمایش‌های انبساط تعادلی و انبساط مرحله‌ای در دمای مخزن است. معادله حالت سه پارامتری SRK جهت پیش‌بینی رفتار نمونه سیال مخزن انتخاب شد. به منظور سرعت بخشیدن به شبیه‌سازی ترکیبی، می‌توان اجزای با وزن مولکولی مشابه را در یک گروه قرار داد. در این مطالعه، ۱۱ جزء برای مدل سیال در نظر گرفته شد. نتایج گروه‌بندی در جدول ۲ ارائه شده است.

در مرحله بعد، با تغییر برخی از پارامترهای معادله حالت سه پارامتری SRK، تطابق مناسبی برای مهم‌ترین خواص سیال مخزن مانند ضریب حجمی نفت، نسبت گاز به نفت، ضریب حجمی گاز و فشار نقطه حباب، به دست آمد به طوری که فشار نقطه حباب که در آزمایش‌ها ۲۸۵۰ پام گزارش شده بود از طریق معادله حالت ۲۸۴۹/۷۴ پام محاسبه شد. هم‌چنین ضریب حجمی نفت در فشار نقطه حباب نیز ۱/۶۱۹۲ BBL/STB محاسبه شد که در آزمایش‌ها ۱/۶۱۹۵ BBL/STB گزارش شده بود. بنابراین می‌توان گفت که معادله حالت تنظیم شده و پارامترهای مربوطه می‌تواند جهت شبیه‌سازی رفتار فازی در شرایط مختلف به مدل ترکیبی ECLIPSE 300 منتقل شوند.

۵- شبیه‌سازی لوله قلمی جهت محاسبه حداقل فشار امتزاج‌پذیری

یکی از روش‌های به دست آوردن حداقل فشار امتزاج‌پذیری در

گروه بندی	درصد مولی
H _۲ S	۰/۸۵
N _۲	۰/۲۷
CO _۲	۲/۱۷
C _۱	۳۲/۳۴
C _۲	۹/۹
C _۳	۶/۳۵
C _۴ +	۷/۹۱
C _۵ +	۱۹/۶۷
C _{۱۵} +	۸/۳۶
C _{۲۳} +	۴/۷۴
C _{۳۲} +	۸/۲۷

برابر صفر است. لذا شرایط ورود گاز به ماتریکس به صورت ذیل خواهد بود:

$$h_{Th} < H \quad (۲)$$

در خصوص ماتریکس مدل شده مخزن، h_{Th} را محاسبه می‌کنیم [۴]:

$$h_{Th} = 144 \times \frac{P_c}{\Delta\rho_{og}} \quad (۳)$$

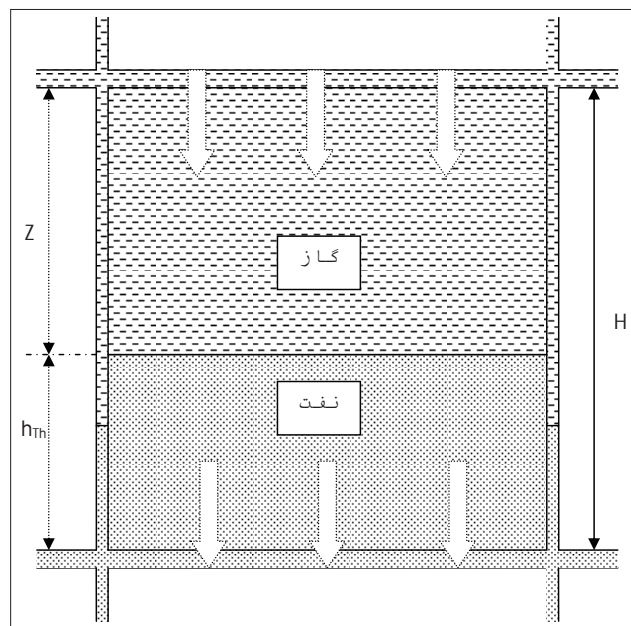
با توجه به داده‌های مخزن مورد مطالعه، مقدار P_c در نمودارهای فشار موینگی بر حسب اشباع گاز برابر با ۰/۴۱۲، ρ_o برابر ۴۴ lb/ft³ و ρ_g که همان چگالی گاز دی‌اکسید کربن در فشار ۳۸۰۰ پام است، برابر با ۳۸ lb/ft³ خواهد بود. لذا مقدار h_{Th} برابر است با:

$$h_{Th} = 144 \times \frac{0.412}{44-38.5} = 9.8 \text{ ft}$$

با توجه به مقدار ارتفاع آستانه برابر ۹/۸ فوت و ارتفاع ماتریکس برابر ۲۰ فوت، شرایط $h_{Th} < H$ صادق بوده و بنابراین شرایط اولیه جهت ورود گاز دی‌اکسید کربن به درون ماتریکس وجود دارد.

۴- تعیین خصوصیات نمونه نفت مخزن توسط نرم افزار PVTi

تعیین دقیق خصوصیات سیال مخزن، یکی از عوامل بسیار مهم در مطالعات شبیه‌سازی ترکیبی مخزن است. از طرفی به دلیل برهم‌کنش زیادی که در فرایند تزریق گاز بین سیالات وجود دارد، تعیین دقیق خصوصیات سیال حائز اهمیت بیشتری است. سیال مخزن مورد مطالعه، نفتی با درجه سبکی (API) ۲۷/۷ است. یک معادله حالت



شکل ۱ | شماتیک جابجایی نفت توسط گاز در ماتریکس

شده سبک تر و در فشارهای بالاتر، سنگین تر است. این دو اختلاف در مقدار چگالی باعث ایجاد دو مکانیزم مختلف تولید می شود.

۱-۱- دی اکسید کربن سبک تر از نفت

در این حالت دی اکسید کربن به خاطر اختلاف چگالی از قسمت بالا وارد ماتریکس می شود. همان گونه که در شکل ۴ دیده می شود، در مدت زمان ۱۷۰۰ روز میزان بازیافت نفت ۳۹ درصد بوده است، در حالی که پس از ۱۲۰۰۰ روز میزان بازیافت به ۴۱ درصد و پس از ۱۵۰۰۰ روز به ۴۴ درصد رسیده است.

۲-۲- دی اکسید کربن سنگین تر از نفت

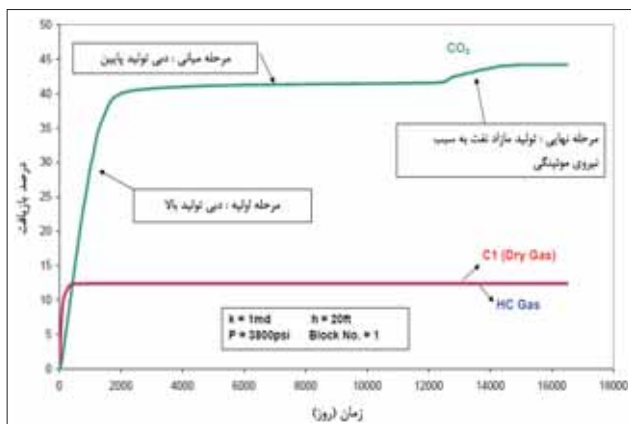
در ابتدای تزریق و در زمان هایی که گاز دی اکسید کربن سنگین تر از نفت است، دی اکسید کربن در فاز نفت حل شده و بخشی از هیدروکربن های سبک تر را با تبخیر جذب خود می کند. در نتیجه این تبخیر، چگالی نفت و گاز درون ماتریکس افزایش پیدا کرده و اختلاف چگالی نفت و گاز در جبهه پیش ران به سمت بالا، بسیار کوچک می شود.

۲- تأثیر شاخص های مختلف بر میزان بازیافت نفت

۱-۱- اثر فشار مخزن

در این مقاله شبیه سازی در فشارهای ۳۰۰۰، ۳۸۰۰، ۴۸۰۰، ۵۳۰۰ و ۶۰۰۰ پام انجام شده که نتایج آن در شکل ۵ نمایش داده شده است.

همان گونه که در این شکل دیده می شود با افزایش فشار از ۳۰۰۰ به ۶۰۰۰ پام، نرخ تغییر بازیافت و هم چنین بازیافت نهایی نفت در حالت تزریق گاز هیدروکربنی، از ۸ درصد به ۳۰ درصد افزایش

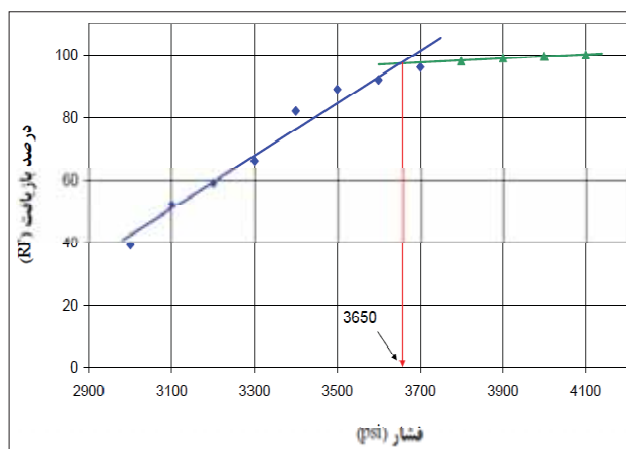


شکل ۵ | تأثیر تزریق گاز های مختلف بر بازیافت نفت در زمان های مختلف در فشار ۳۸۰۰ psi

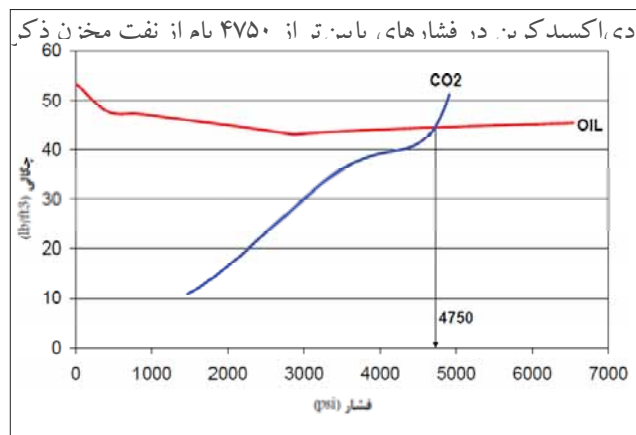
جابجایی امتزاجی، شبیه سازی لوله قلمی است. برای یافتن حداقل فشار امتزاجی برای گاز تزریقی دی اکسید کربن، شبیه سازی های لوله قلمی در شرایط فشاری مختلف انجام شد. سپس نمودار بازیافت در مقابل فشار جابجایی رسم گردید تا نقطه شکست بازیافت برای تعیین مقدار حداقل فشار امتزاجی گاز دی اکسید کربن مشخص شود. همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می شود کمترین مقدار فشار امتزاج پذیر برای گاز دی اکسید کربن، ۳۶۵۰ پام برآورد شده است. هم چنین شکل شماره ۳ تغییر چگالی دی اکسید کربن در فشارهای مختلف را نشان می دهد.

۶- مکانیزم تزریق دی اکسید کربن در یک ماتریکس بلاک منفرد

تزریق گاز دی اکسید کربن باعث کاهش محسوس کشش سطحی^{۱۵} نفت و گاز می شود و این عامل با کاهش نیروهای مقاوم موئینگی، باعث افزایش بازیافت نفت می گردد. بر اساس شکل ۳،



شکل ۳ | نمودار شبیه سازی لوله قلمی جهت محاسبه فشار کمینه امتزاج پذیر



شکل ۴ | مقایسه چگالی نفت مخزن و گاز CO2 در فشارهای مختلف در دمای مخزن



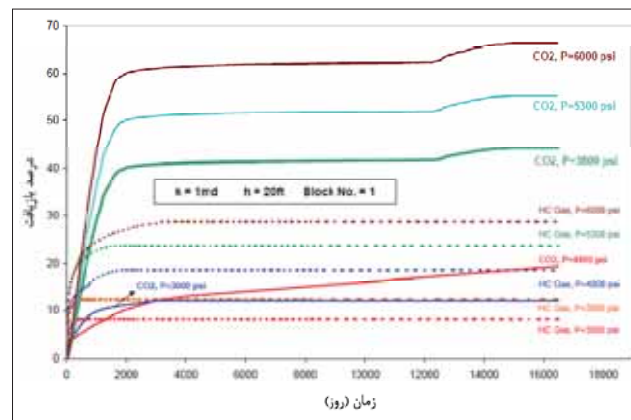
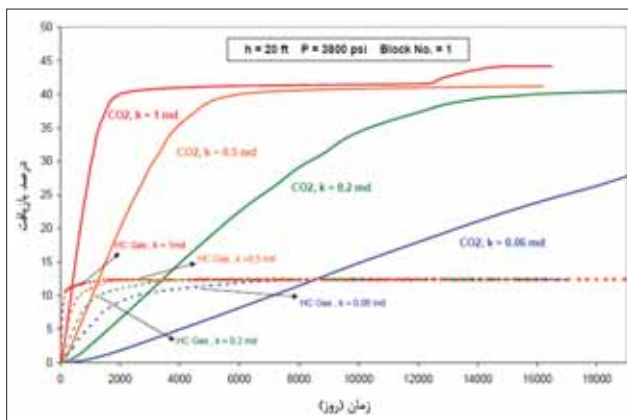
یافته است. علت این امر کاهش کشش سطحی نفت و گاز بر اثر افزایش فشار است. در تزریق گاز دی‌اکسید کربن نیز به طور معمول با افزایش فشار، درصد بازیافت افزایش می‌یابد در زمان ۱۶۰۰۰ روز پس از شروع تزریق و در فشار ۴۸۰۰ پام که چگالی نفت و گاز دی‌اکسید کربن به طور تقریبی با یکدیگر برابر است، درصد بازیافت به سبب کاهش اثر نیروی گرانش به شدت کاهش یافته و بازیافت نفت به ۱۹ درصد رسیده است. این در حالی است که در دیگر فشارها مقدار بازیافت نفت بسیار بیشتر است.

۲-۲- اثر ارتفاع ماتریکس

ارتفاع ماتریکس به عنوان یک شاخص مهم در تزریق گاز به مخازن شکاف دار محسوب می‌شود. در صورتی که ارتفاع ماتریکس از ارتفاع اولیه ورود موینگی (ارتفاع آستانه) کمتر باشد، هیچ گازی به درون ماتریکس وارد نخواهد شد (مگر در صورت وجود نفوذ مولکولی). ارتفاع بلوک‌های مخزن مورد نظر مطابق داده‌های دریافتی

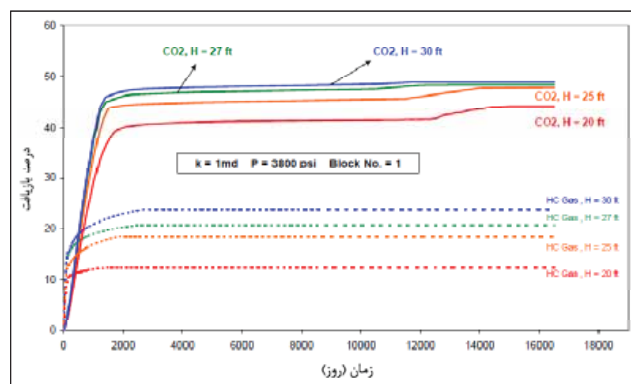
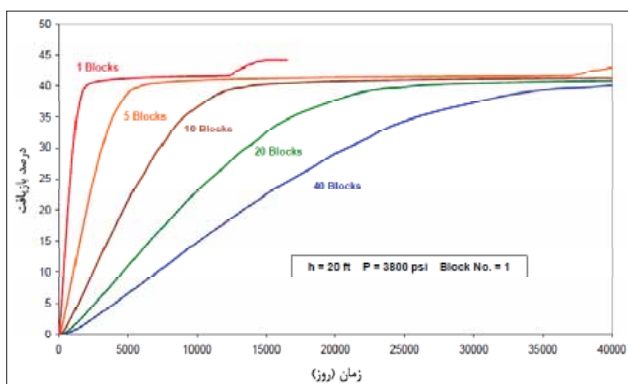
همان‌گونه که در شکل ۶ دیده می‌شود، در تزریق گاز هیدروکربنی با تغییر ارتفاع بلوک از ۲۰ فوت به ۳۰ فوت میزان بازیافت از ۱۲ درصد به ۲۳ درصد بهبود می‌یابد. برخلاف تزریق گاز هیدروکربنی، در تزریق گاز دی‌اکسید کربن، بازیافت نهایی نفت با افزایش ارتفاع ماتریکس چندان دست‌خوش تغییر نمی‌شود.

تأثیر تراوبی ماتریکس بر میزان بازیافت نفت در طول زمان (خطوط پیوسته گاز CO₂ و خطوط خط‌چین گاز هیدروکربنی) در طول زمان



شکل ۵ | تأثیر فشار بر میزان بازیافت نفت در تزریق گاز CO₂ و گاز هیدروکربنی در طول زمان (خطوط پیوسته: گاز CO₂، خطوط خط‌چین: گاز هیدروکربنی)

شکل ۶ | تأثیر ارتفاع ماتریکس‌های انباشته بر میزان بازیافت نفت در تزریق گاز CO₂ (فشار ۳۸۰۰ psi)



شکل ۷ | تأثیر تراوبی ماتریکس‌های انباشته بر میزان بازیافت نفت در تزریق گاز CO₂ (فشار ۳۸۰۰ psi)

شکل ۸ | تأثیر ارتفاع ماتریکس بر میزان بازیافت نفت در طول زمان (خطوط پیوسته گاز CO₂ و خطوط خط‌چین گاز هیدروکربنی هستند)

زیرین جریان پیدا کند. تراوش^{۱۶} نفت می‌تواند از طریق نقاط تماس نفوذپذیر فیزیکی دو ماتریکس روی دهد یا اینکه نفت تولید شده از یک ماتریکس می‌تواند به خاطر اثر موینگی / گرانشی و یا پل‌های مایع^{۱۷} و یا جریان فیلم^{۱۸} به ماتریکس دیگر جریان یابد [۳].

در تزریق گاز دی‌اکسید کربن، دسته ماتریکس‌های ۱، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ تایی با شبکه‌بندی ۲۵×۱×۳ برای هر ماتریکس شبیه‌سازی شده است. شکل ۸ باز یافت کلی نفت را در هر دسته‌بندی ماتریکس نشان می‌دهد. باز یافت کلی نفت، میانگین حسابی باز یافت نفت در هر ماتریکس است. شکل مذکور نشان می‌دهد که تراوش میان ماتریکس‌ها سبب تأخیر در تولید کلی نفت می‌شود.

نمودارهای مذکور با فرض تراوش ۱۰۰ درصد میان ماتریکس‌ها رسم شده‌اند، ولی در حالت واقعی مقدار تراوش به‌طور معمول کمتر از این مقدار است. عوامل زیادی باعث کاهش اثر بلوک‌ها بر یکدیگر می‌شوند که از جمله آنها می‌توان سنگ‌های نفوذناپذیر (شیل‌ها و شکاف‌های پر شده معدنی)، شکاف‌های شیب‌دار و نیروهای گرانشی را نام برد.

۱- میزان باز یافت نهایی در تزریق گاز هیدروکربنی همواره با افزایش فشار، افزایش می‌یابد. ولی در تزریق گاز دی‌اکسید کربن در فشارهای نزدیک به ۴۷۵۰ پام، میزان باز یافت با کاهش محسوسی مواجه می‌شود.

۲- با افزایش ارتفاع ماتریکس در مخزن مورد اشاره مقدار باز یافت به خصوص در تزریق گاز هیدروکربنی افزایش می‌یابد.

۳- با افزایش تراوایی ماتریکس نرخ تغییر باز یافت شدت بیشتری یافته و باز یافت نهایی سریع‌تر حاصل می‌شود.

علت این امر را می‌توان به سبب پایین‌تر بودن ارتفاع ورود موینگی تزریق گاز دی‌اکسید کربن نسبت به تزریق گاز هیدروکربنی به دلیل کاهش میزان کشش سطحی نفت و گاز که توسط فرآیند تبخیر / میعان در جبهه پیش‌ران امتزاج حاصل می‌شود، دانست. در نتیجه مقدار باز یافت نهایی نفت در تزریق دی‌اکسید کربن (شکل ۶) چندان تحت تاثیر ارتفاع ماتریکس قرار ندارد.

۳-۲- اثر تراوایی ماتریکس

تراوایی ماتریکس بر روی نرخ تغییر باز یافت تأثیر گذار است. همچنین نسبت بین تراوایی شکاف و ماتریکس، در تعیین اهمیت جریان گرانشی (جریان دارسی ایجاد شده توسط گرادیان فشاری) نقش اساسی دارد. اگر سیال تزریقی در شکاف جریان داشته باشد، در آن صورت نیروی گرانشی در ماتریکس‌های با تراوایی کم، ناچیز شمرده می‌شود. در مخزن مورد نظر، تراوایی ماتریکس از ۰/۰۳ تا ۱/۵ میلی‌دارسی تغییر می‌کند. در تزریق گاز هیدروکربنی، نرخ باز یافت نفت با افزایش تراوایی ماتریکس افزایش پیدا می‌کند ولی مقدار باز یافت نهایی در مقادیر مختلف تراوایی مشابه است. همان‌گونه که در شکل ۷ دیده می‌شود، گاز دی‌اکسید کربن نیز تغییراتی مشابه گاز هیدروکربنی دارد، اما تغییرات نرخ باز یافت دی‌اکسید کربن واضح‌تر است؛ چرا که تغییر نرخ باز یافت نفت در تزریق دی‌اکسید کربن نسبت به تزریق گاز هیدروکربنی کندتر است.

۴-۲- اثر متقابل بلوک‌ها بر یکدیگر

نفت تولید شده از یک ماتریکس، ممکن است به ماتریکس‌های

پانویس‌ها

1. ogpc_q_q@yahoo.com

2. tertiary recovery

3. compositional simulator

4. matrix block

5. slim tube

6. recovery factor

7. gravity drainage

8. pore volume

9. average oil saturation (so)

10. drainage displacement

11. non-wet phase

12. wet phase

13. water imbibition

14. reference level

15. interfacial tension

16. reinfiltration

17. liquid bridges

18. film flow

منابع

- [1] تقیان مجتبی، "بررسی و ارزیابی انواع تزریق دی‌اکسید کربن در ازدیاد برداشت از مخازن نفت"، ماهنامه اکتشاف و تولید، اردیبهشت ۸۹، شماره ۶۷، ص ۲۵
- [2] Odd Magne Mathiassen.: "CO₂ as Injection Gas for Enhanced Oil Recovery", M.Sc. Thesis, NTNU University, May 2003, p.2.
- [3] Alavian, Whitson "CO₂ EOR Potential in Naturally

- Fractured Haft Kel Field, Iran" SPE paper 139528, August 2010, SPE Reservoir Evaluation and Engineering Publications p..
- [4] Van-Golf-Racht, "Reservoir Engineering Course of Naturally Fractured Reservoirs", NTNU, Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics, Third Part, P.7-10.