



## بررسی اثرات دبی تزریق گاز، عمق تکمیل چاه‌های تزریقی، موقعیت و طول چاه افقی تولیدی بر فرآیند GAGD در مخازن شکافدار

پیمان بورافتاری<sup>۱</sup>، دانشگاه تهران

بهزاد احمدی<sup>۲\*</sup>، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

مهمترین مزیت فرآیند تزریق گاز به کمک ریزش ثقلی (GAGD)، استفاده از جدایش ثقلی ایجاد شده بین گاز تزریقی و نفت مخزن می‌باشد که به‌عنوان یک نقطه ضعف در فرآیندهای مرسوم تزریق گاز همچون تزریق گاز پیوسته و تزریق متناوب آب و گاز به شمار می‌رود. بزرگترین مخازن ایران، مخازن شکافدار هستند. این مخازن عمدتاً نفت دوست و دارای ترشوندگی مخلوط بوده و بیش از ۳۰ میلیارد بشکه نفت را در خود جای داده‌اند.

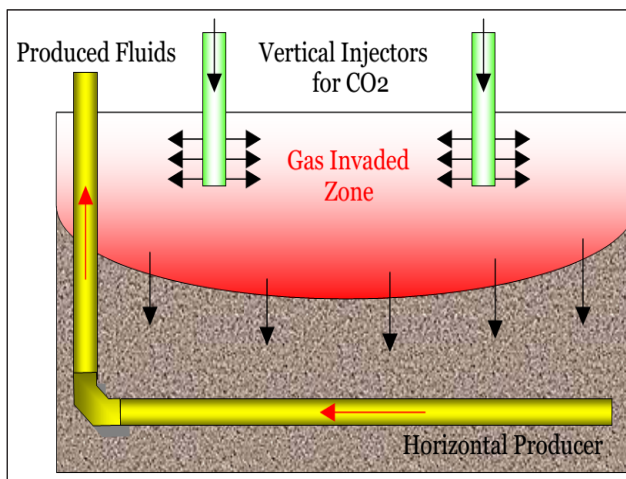
تحقیق حاضر بر روی یکی از مخازن شکافدار ایران صورت گرفته و هدف آن، بررسی اثرات پارامترهای دبی تزریق گاز، عمق تکمیل چاه‌های تزریقی، موقعیت چاه افقی تولیدی و طول چاه افقی تولیدی در فرآیند تزریق گاز به کمک ریزش ثقلی در مخازن شکافدار است. در این مطالعه مشخص شد که فرآیند تزریق گاز به کمک ریزش ثقلی به میزان دبی تزریقی حساس است، به طوری که هر چه دبی تزریقی از مقدار دبی بهینه بیشتر شود، میزان باز یافت نفت کاهش خواهد یافت. همچنین، فرآیند تزریق گاز به کمک ریزش ثقلی، مستقل از عمق تکمیل چاه‌های تزریقی بوده و این پارامتر بر میزان باز یافت نفت تأثیر خاصی نداشت. هر چه چاه افقی تولیدی در این فرآیند در ناحیه پایین تری از مخزن تکمیل گردد، ضریب باز یافت نفت بالاتر می‌رود. همچنین، با افزایش طول چاه افقی، تولید نفت بیشتر می‌شود.

واژگان کلیدی: تزریق گاز به کمک ریزش ثقلی، جدایش ثقلی، مخازن شکافدار

### مقدمه

گاز پیوسته می‌باشد [۳]. به منظور کاهش این مشکلات، فرآیند WAG، اولین بار توسط کودل و دیز<sup>۱</sup> (۱۹۸۵) پیشنهاد شد که به‌عنوان گزینه‌ای برای کنترل تحرک در سیلاب‌زنی گاز افقی توسعه داده شد. کریستنسن<sup>۲</sup> و همکاران، ۵۹ مورد سیلاب‌زنی WAG که در جهان صورت گرفته را بررسی کردند؛ نتایج این بررسی نشان می‌دهد که افزایش باز یافت نفت در حدود ۵ تا ۱۰ درصد بوده است. اختلاف چگالی موجود بین آب تزریقی و

در پایان سال ۲۰۰۵ حدود ۳۶۱۰ میلیارد بشکه نفت در جهان با فناوری روز غیر قابل برداشت بود و باید از روش‌های جدید ازدیاد برداشت نفت استفاده می‌شد. مجموع کل نفت تولید شده و قابل برداشت در پایان سال ۲۰۰۵، حدود یک سوم نفت در جای اولیه تخمین زده شده، که نشان می‌دهد مجموع نفت هدف برای روش‌های ازدیاد برداشت بسیار زیاد و بالغ بر ۷۳۱۰ میلیارد بشکه بوده است [۱]. بررسی‌های ازدیاد برداشت نفت اخیر توسط مجله نفت و گاز نشان می‌دهد که پروژه‌های تزریق گاز ۵۴ درصد تولید ازدیاد برداشت نفت در دنیا را به خود اختصاص داده‌اند [۷]. این امر به وضوح رشد تجاری پروژه‌های تزریق گاز را نشان می‌دهد. برخی محققان، فرآیند تزریق پیوسته گاز (CGI) دی‌اکسید کربن را به‌علت بهره‌گیری از مزایای اثرات نیروی ثقلی به‌عنوان یک فرآیند موفق در نظر گرفتند، اما این فرآیند از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست، مگر اینکه تزریق دوباره گاز دی‌اکسید کربن که از مخزن خارج می‌شود، به داخل مخزن امکان‌پذیر باشد [۲]. از طرفی، در مخازنی که درجه‌ی ناهمگنی آن‌ها بالاست، گاز CO<sub>2</sub> نمی‌تواند پایداری و یکنواختی جبهه‌ی حرکت را کنترل کند [۱۰]. انگشتی شدن و جدایش ثقلی شدید، از مشکلات زیان‌آور معمول در ارتباط با روش‌های EOR تزریق

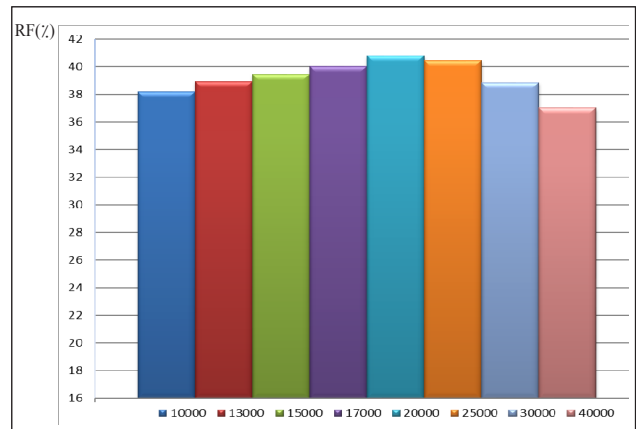


چگونگی انجام فرآیند GAGD و نحوه قرارگیری چاه‌های تزریقی و تولیدی (Rao et al, ۲۰۰۱)

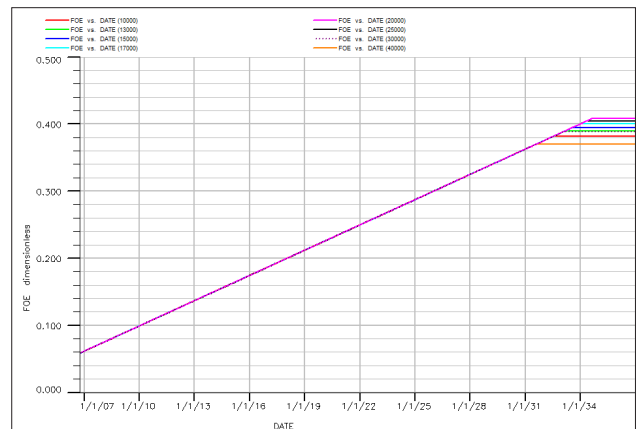
\*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (b.ahmadi344@gmail.com)

از پیاده‌سازی آن‌ها در میدان، به دلیل کاهش اثرات ناشی از جدایش ثقلی شدید بین گاز تزریق شده و سیال مخزن (نفت) بوده است تا منجر به بهبود بازده جاروب حجمی شود. روشی که با استفاده از اثر چگالی که بر مبنای جدایش ثقلی سیالات (گاز تزریق شده و سیال در جای مخزن)، به عنوان یک مزیت برای بازیافت نفت کنارگذشت<sup>۳</sup> از نواحی جاروب نشده در مخازن غیر شیب‌دار (نوع افقی) و همچنین شیب‌دار ساخته شده است، به نظر جایگزین مناسبی است. در این مطالعه، ریزش ثقلی نفت مخزن در طول تزریق گاز کنترل شده در فرآیندهای ازدیاد برداشت از نفت، بررسی گردیده است. در این فرآیند، بازیافت‌های بالاتر از ۹۵-۸۷ درصد در آزمایش میدانی در مخازن شیب‌دار و نوع pinnacle reef گزارش شده است [۶]. اگرچه دبی‌های بازیافت نفت در فرآیند ریزش ثقلی به کمک گاز (GAGD) آهسته است، به وسیله پایداری گرانشی با تزریق گاز در قله، برای جابه‌جایی رو به پائین، انتظار می‌رود که بالاترین بازیافت نفت از سازندهای تولیدی را حاصل کند [۴]. فرآیند GAGD بر پایه قلمرو نیروی گرانشی و با استفاده از

نفت خام، اجازه جابه‌جایی پیستون‌شکل در مخزن را نمی‌دهد و آب رفته‌رفته به سمت پایین مخزن نشست می‌کند. به همین دلیل، گاز به سمت بالا می‌رود و مقدار زیادی از نفت را پشت سر خود به جا می‌گذارد [۹]. بنابراین، فرآیند تزریق متناوب آب و گاز همیشه به عنوان یک روش کارآمد در ازدیاد برداشت به حساب نمی‌آید؛ به خصوص در مخازن ناهمگن که اکثر مخازن از این دسته‌اند [۲]. روش‌های به کار برده شده و هدف



شکل ۲ | دبی‌های تزریقی مختلف و ضرایب بازیافت نفت مربوطه



شکل ۳ | اثر دبی‌های تزریقی مختلف بر ضریب بازیافت نفت در فرآیند GAGD

۲ | برخی از مشخصات مخزن مورد مطالعه

WOC ,ftss	API
۱۹۵۰	۳۳
Oil density (lbm/ft3)	FVF,Rbbl/STB
۴۱/۴۱	۱/۶۸۲۲
Average permeability (md)	Water FVF, Rbbl/STB
۲	۱/۰۱۲
Matrix Porosity(%)	Water Compressibility, $\times 10^{-6}$ , l/psi
۶	۲/۱۲
Oil viscosity (cp)	Rock Compressibility, $\times 10^{-6}$ , l/psi
۰/۴۰۳۹	۴/۲۹
Water viscosity (cp)	GOR,Scf/STB
۰/۹۸۶	۹۶۰
Initial pressure (psi)	Reservoir Temperature, °F
۴۱۰۰	۱۸۰
Residual Oil Saturation( %)	
۳۰	

۳ | محدودیت‌های اعمال شده به مدل

نرخ نفت تولیدی روزانه مخزن (STB/Day)	حداکثر GOR (SCF/STB)	حداکثر برش آب (STBW/STBO)	فشار تزریقی چاه‌های تزریقی (psi)
۹۰۰۰	۳۰۰۰	۵ درصد	۵۰۰۰

۴ | دبی‌های تزریقی مختلف و ضرایب بازیافت نفت مربوطه

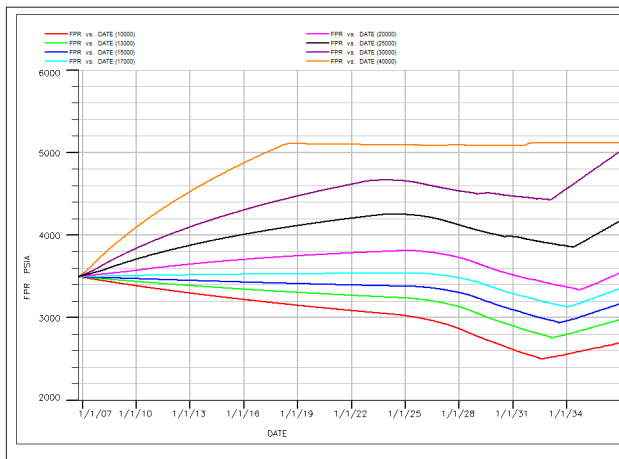
Gas Injection Rate (MScf/Day)	Recovery Factor(%)
۴۰۰۰۰	۳۷/۰۱
۳۰۰۰۰	۳۸/۸۶
۲۵۰۰۰	۴۰/۴۵
۲۰۰۰۰	۴۰/۸۱
۱۷۰۰۰	۴۰/۰۲
۱۵۰۰۰	۳۹/۴۸
۱۳۰۰۰	۳۸/۹۶
۱۰۰۰۰	۳۸/۱۹

۱ | مشخصات مدل استاتیک

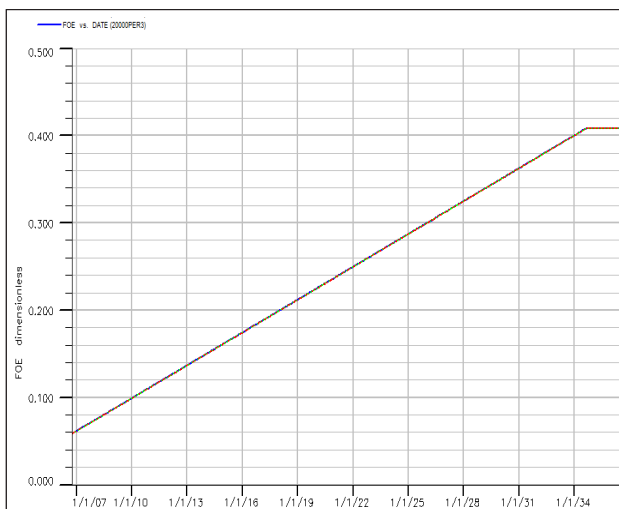
تعداد گرید بلوک‌ها در جهت X، فوت	طول متوسط بلوک‌ها در جهت X، فوت	تعداد گرید بلوک‌ها در جهت Y، فوت	طول متوسط بلوک‌ها در جهت Y، فوت	تعداد گرید بلوک‌ها در جهت Z، فوت	طول متوسط بلوک‌ها در جهت Z، فوت
۳۰	۳۷۲	۳۳	۳۷۴	۸	۱۲۵
تعداد سلول‌ها	شکافتدار	تعداد سلول‌ها	شکافتدار	تعداد سلول‌ها	شکافتدار
۷۹۲۰		۷۹۲۰		۷۹۲۰	



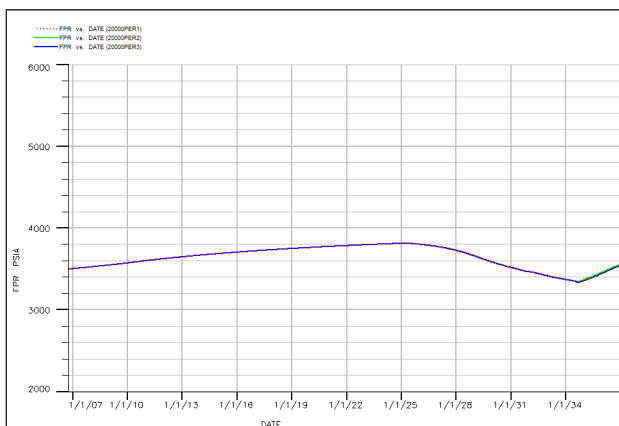
مزیت اختلاف چگالی بین گاز تزریق شده و نفت مخزن انجام می‌شود که اولین بار رائو و همکاران (۲۰۰۱) برای غلبه بر مشکلات معمول تزریق گاز این کار را انجام دادند. فرآیند جدید تزریق گاز به کمک ریزش ثقلی، تزریق گاز از چاه‌های عمودی در بالای ناحیه تولیدی<sup>۴</sup> و تولید نفت از چاه‌های افقی واقع شده در انتها یا بین ناحیه را شامل می‌گردد. جدایش ثقلی گاز همچنین، در به تأخیر انداختن، یا حتی حذف گسست زودرس<sup>۵</sup> گاز در چاه تولیدی و به‌علاوه در ممانعت از فاز گاز برای رقابت با جریان نفت کمک می‌کند. علاوه بر این مزیت‌ها، اشباع نفت را افزایش و در نتیجه، تراوایی نسبی نفت نزدیک دهانه چاه تولیدکننده را بهبود می‌دهد [۹]. از مزایای دیگر این فرآیند، این است که می‌توان از ناهمسانی صرف نظر کرد؛ به دلیل اینکه جبهه سیلاب در حالت یکنواخت به پایین مخزن خواهد رفت، در نتیجه، تخلیه نفت از نواحی نفوذپذیر انجام می‌شود [۱۱]. از طرفی، به دلیل اینکه شکاف‌ها به‌عنوان کانال‌های جریان در فرآیند ریزش ثقلی به‌عنوان عامل کمک‌کننده عمل می‌کنند، باعث افزایش نرخ برداشت می‌شوند. در حالی که در روش‌های متداول تزریق گاز، وجود شکاف موجب گسست زودرس گاز، راندمان جاروب حجمی ضعیف و ضریب برداشت پایین نفت می‌شود [۹]. در ایران، بزرگترین مخازن، مخازن شکافدار طبیعی هستند که عمدتاً نفت دوست و دارای ترشوندگی مخلوط بوده و بیش از ۳۰ میلیارد بشکه نفت را در خود جای داده‌اند [۵]. با توجه به اهمیت این موضوع و مزایایی که فرآیند GAGD دارد، در این مقاله به شبیه‌سازی



شکل ۴ | اثر دبی‌های مختلف بر فشار میانگین مخزن در فرآیند GAGD



شکل ۵ | اثر عمق تکمیل چاه‌های تزریقی بر ضریب بازیافت نفت در فرآیند GAGD



شکل ۶ | اثر عمق تکمیل چاه‌های تزریقی بر فشار میانگین مخزن در فرآیند GAGD

جدول ۵ | میزان ضریب بازیافت نفت برای عمق‌های مختلف تکمیل چاه‌های تزریقی در فرآیند GAGD

Injection Wells Perforation Cells	۱	۲	۳
Recovery Factor(%)	۴۰/۸۲	۴۰/۷۸	۴۰/۸۲

جدول ۶ | اثر موقعیت چاه تولیدی افقی بر ضریب بازیافت نفت در فرآیند GAGD

موقعیت چاه تولیدی افقی	میزان ضریب بازیافت (%)
بین سلول سوم تا ششم تکمیل شده	۲۱/۱۳
بین سلول چهارم تا هفتم تکمیل شده	۳۰/۲۷
بین سلول پنجم تا هشتم تکمیل شده	۴۰/۸۱

جدول ۷ | اثر طول چاه افقی تولیدی بر ضریب بازیافت نفت در فرآیند GAGD

Horizontal Well Length (ft)	۵۰۰۰	۷۰۰۰	۹۰۰۰	۱۰۶۰۰
Recovery Factor(%)	۳۹/۳۲	۳۹/۶۱	۴۰/۲۱	۴۰/۸۱

فرآیند تزریق گاز به کمک ریزش ثقلی (GAGD) بر روی یکی از مخازن شکافدار ایران پرداخته شده و اثر پارامترهایی همانند دبی تزریق گاز، موقعیت چاه افقی، طول چاه افقی و عمق تکمیل چاه‌های تزریقی مورد مطالعه قرار گرفته است.

### ۱- روش تحقیق

شکل ۱- فرآیند تزریق گاز به کمک ریزش ثقلی را به طور شماتیک نشان می‌دهد. گاز تزریق شده در چاه‌های عمودی، در بالای ناحیه تولیدی به علت جدایش ثقلی جمع شده و همزمان، نفتی را که در حال ریزش به وسیله چاه‌های تزریقی است، به سمت تولیدکننده افقی جابه‌جا می‌کند. با ادامه تزریق، محفظه گازی به سمت پائین و کناره‌ها رشد کرده و در نتیجه، قسمت بزرگتری از مخزن را بدون هیچ افزایشی در اشباع آب مخزن، جاروب می‌کند که منجر به بیشینه بازده جاروب حجمی می‌شود.

#### ۱-۱- مشخصات مخزن مورد مطالعه

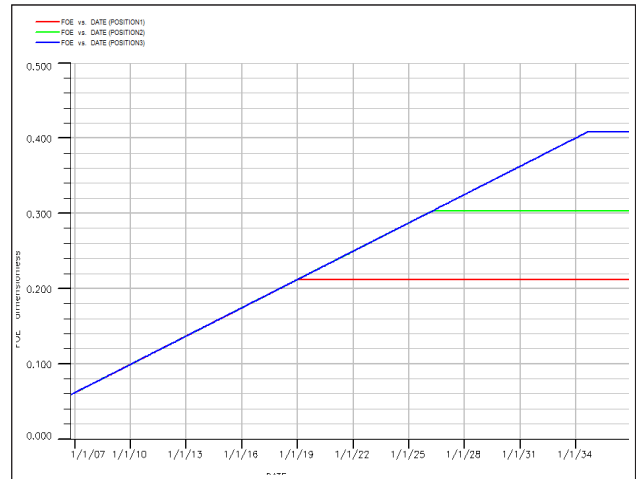
مخزن مطالعه شده در این تحقیق، یکی از مخازن شکافدار ایران است. شبیه‌سازی انجام شده به مدت ۳۰ سال و با استفاده از مدول E-100 نرم‌افزار Eclipse انجام شده است. سیستم شبکه‌بندی پایه انتخاب شده برای شبیه‌سازی مخزن، شبکه‌بندی هندسی Cornner Point می‌باشد. در جداول ۱ و ۲ مشخصات مدل استاتیک و برخی از مشخصات مخزن آورده شده است. در جدول ۳ محدودیت‌های اعمال شده به مدل شبیه‌سازی شده ذکر شده است.

### ۲- نتایج و بحث‌ها

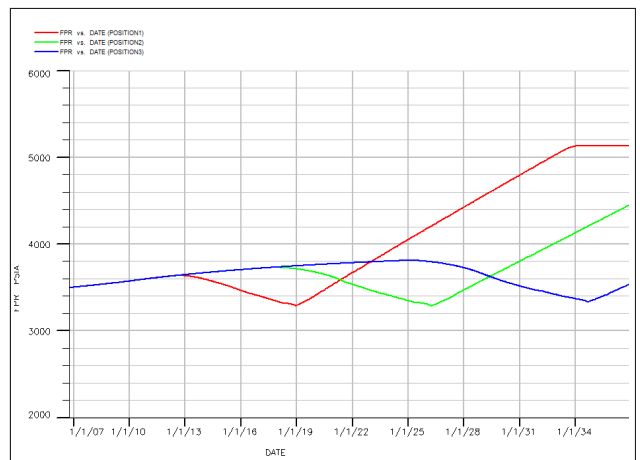
در این تحقیق، پس از شبیه‌سازی فرآیند GAGD، اثر پارامترهای دبی تزریق گاز، عمق تکمیل چاه‌های تزریقی، موقعیت چاه تولیدی افقی و طول چاه تولیدی افقی بر این فرآیند مطالعه گردید.

#### ۱-۲- اثر دبی تزریق گاز

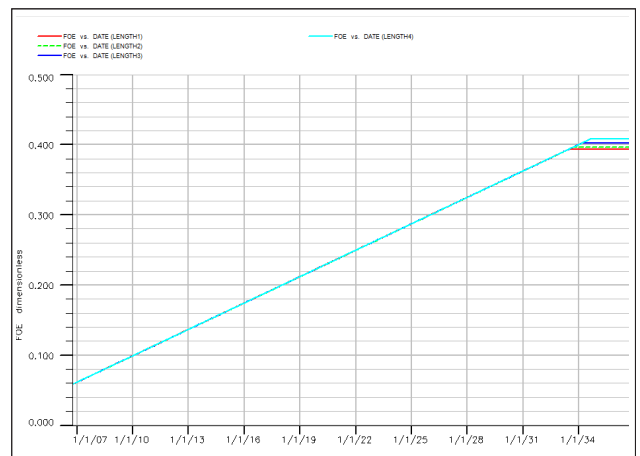
در مطالعه‌ی اثر دبی تزریق گاز و پیدا کردن دبی تزریق بهینه در فرآیند GAGD، هشت دبی تزریقی ۱۰، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۴۰ میلیون فوت مکعب در روز مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور حصول حداکثر بازیافت در مخازن با مکانیسم ریزش ثقلی، دبی تولیدی این گونه مخازن نباید بیشتر از دبی ثقلی گردد. چنانچه دبی تولیدی این گونه مخازن بیشتر از دبی



شکل ۷ | اثر موقعیت چاه افقی تولیدی بر ضریب بازیافت نفت در فرآیند GAGD



شکل ۸ | اثر موقعیت چاه افقی بر فشار میانگین مخزن در فرآیند GAGD



شکل ۹ | اثر طول چاه افقی تولیدی بر ضریب بازیافت نفت در فرآیند GAGD

تزریقی، نفت را به سمت چاه افقی در پایین لایه نفتی می‌راند که جاروب حجمی بیشتری را موجب شده و باعث بازیافت بیشتر نفت می‌شود.

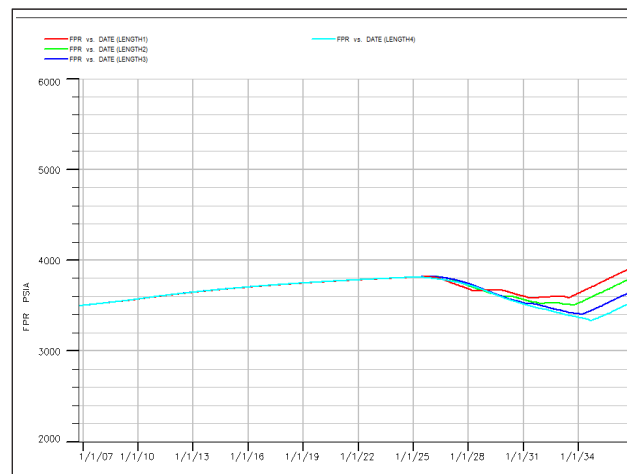
### ۲-۲- عمق تکمیل چاه‌های تزریقی

در مطالعه این حالت، چاه‌های تزریقی در سه عمق مختلف مورد بررسی قرار گرفت. دبی تزریقی در این حالت و تمام حالت‌های بعدی مورد مطالعه، ۲۰ میلیون فوت مکعب در روز می‌باشد. در این مورد، مخزن در جهت محور Z به ۸ دردیف سلول تقسیم شده که در این حالت، چاه‌ها در سه سلول ۱، ۲ و ۳ تکمیل شدند. مطالعه این مورد نشان داد که عمق تکمیل چاه تزریقی، تأثیر چندانی بر ضریب بازیافت نفت ندارد. دلیل آن احتمالاً به خاطر وجود شکاف‌هاست که گاز سریعاً به سمت قسمت فوقانی مخزن رفته و در آن تجمع می‌کند و باعث تشکیل کلاهک گازی می‌گردد. با افزایش مداوم تزریق و در نتیجه، بزرگ شدن کلاهک گازی، حرکت یکنواخت آن و جاروب یکنواخت نفت به سمت پایین لایه، میزان بازیافت یکسانی را برای تمام حالات بالا به وجود می‌آورد. این عوامل همچنین، باعث تولید فشار تقریباً یکسان در سه عمق تزریق مختلف می‌شود. شکل-۵ و جدول-۵، میزان ضریب بازیافت نفت و شکل-۶ افت فشار مخزن در فرآیند GAGD برای عمق‌های مختلف تکمیل چاه‌های تزریقی را نشان می‌دهد.

### ۳-۲- موقعیت چاه افقی تولیدی

در مطالعه‌ی محل چاه افقی، چاه در سه موقعیت که از لحاظ عمق تکمیل سلول‌ها در جهت محور Z باهم متفاوت بودند، مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه این مورد و مورد بعد، چاه‌های تزریقی در سلول اول در جهت محور Z ایجاد شدند. نتایج نشان داد که هر چه چاه افقی در قسمت پایین تر لایه نفتی قرار گیرد، میزان بازیافت به طور قابل توجهی بیشتر خواهد شد که نشان می‌دهد نیروی گرانشی در اینجا حاکم است. هر چه این اختلاف ارتفاع بین چاه تزریقی و تولیدی افقی بیشتر باشد، گاز تزریقی در قسمت فوقانی مخزن که به علت جدایش ثقلی جمع شده، فرصت بیشتری پیدا می‌کند که محفظه بزرگتری را تشکیل داده و حجم بیشتری از نفت مخزن را جابه‌جا کند و هم بازیافت نفت بیشتری را به وجود آورد. در این حالت، فشار میانگین مخزن نیز ثبات بیشتری خواهد داشت و این ثبات مدت بیشتری طول می‌کشد. اثر موقعیت چاه تولیدی افقی بر ضریب بازیافت نفت در جدول-۶ و شکل-۷، و فشار میانگین مخزن در

ریزش ثقلی باشد، مکانیسم رانش تخلیه‌ای وارد عمل شده و میزان بازیافت نهایی نفت کاهش خواهد یافت. در این مورد، بهترین میزان بازیافت مربوط به حالت دبی تزریقی ۲۰ میلیون فوت مکعب در روز بود که میزان بازیافت آن به حدود ۴۰/۸۱ درصد رسید. در جدول-۴ و شکل-۲ دبی‌های تزریق و دبی بهینه نشان داده شده است. در دبی‌های پایین‌تر و نزدیک به دبی بهینه، میزان بازیافت نفت بالاست که می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که در سرعت پایین‌تر گاز، نفت می‌تواند رو به پایین، تحت اثر جابه‌جایی ثقلی گاز جریان یابد و گاز به سمت بالا جریان داشته باشد. سرعت گاز که در آن، جریان counter-current گاز و نفت رخ داده، سرعت بحرانی گاز یا نرخ تزریق نامیده می‌شود. در بالای این نرخ، شرایط رانش گاز غالب است و در پایین‌تر آن، ریزش ثقلی حاکم است که در آن، جریان رو به پایین نفت از جریان آهسته‌تر رو به بالای گاز بیشتر خواهد بود. بعد از این دبی که به عنوان دبی تزریقی بهینه بود، هر چه مقدار دبی تزریقی افزایش می‌یافت، میزان بازیافت نفت کم می‌شد که نشان می‌دهد اگر نرخ تزریق بالا باشد، دو عامل منفی بر عملکرد GAGD تأثیر می‌گذارد؛ فشار، به علت افزایش سریع نیروی ویسکوز، برای غلبه دوباره و ضرر افزایش در چگالی گاز که منجر به تسلط گراویتی کمتر بر فرآیند می‌شود. شکل‌های ۳- و ۴ به ترتیب نشان‌دهنده میزان بازیافت نفت و افت فشار مخزن در فرآیند GAGD می‌باشد. همچنین، مشاهده شد که پایدارترین فشار مخزن مربوط به دبی ۲۰ میلیون فوت مکعب در روز است. در این مورد، اختلاف فشار بین شروع فرآیند تا پایان تولید از مخزن، ۶۰ پام می‌باشد که نشان می‌دهد جبهه گاز به صورت یک دست و تقریباً یکسان نسبت به سایر دبی‌های



شکل ۱۰ | اثر طول چاه افقی تولیدی بر فشار میانگین مخزن در فرآیند GAGD

شکل ۸- نشان داده شده است.

### نتیجه گیری

فرآیند GAGD به میزان دبی تزریقی حساس است به طوری که هرچه دبی تزریقی از مقدار دبی بهینه، بیشتر شود میزان بازیافت نفت کاهش خواهد یافت.

فرآیند GAGD، مستقل از عمق تکمیل چاه‌های تزریقی است و بر میزان بازیافت نفت تأثیر خاصی ندارد. این مطالعه بازیافت یکسانی را در تمام حالات نتیجه داد.

هرچه چاه افقی در فرآیند GAGD، در ناحیه پایین تری از لایه نفتی قرار گیرد، میزان بازیافت نفت بیشتر خواهد شد، که نشان می‌دهد نیروی گراویتی بر مخزن حاکم می‌شود و هرچه این اختلاف ارتفاع بین چاه افقی تولیدی و عمودی تزریقی زیاد باشد، زمان بیشتری برای جاروب ناحیه بزرگتری از مخزن فراهم خواهد شد که منجر به میزان بازیافت نفت بیشتر می‌شود.

در فرآیند GAGD، هرچه طول افقی چاه تولیدی زیادتر باشد، میزان بازیافت نفت به دلیل ارتباط بیشتر چاه با لایه تولیدی، بیشتر می‌شود.

### ۲-۴- طول چاه افقی تولیدی

با توجه به نتیجه بخش قبل، چاه افقی را در پایین ترین موقعیت لایه نفتی قرار دادیم تا اثر طول چاه را در فرآیند GAGD بررسی کنیم. در این حالت، طول چاه افقی در ۴ مورد ۵۰۰۰، ۷۰۰۰، ۹۰۰۰ و ۱۰۶۰۰ ft مورد مطالعه قرار گرفت که مشاهده شد هرچه طول چاه افقی تولیدی بیشتر باشد، میزان بازیافت تا حدی می‌تواند افزایش یابد. همچنین، در این حالت، فشار میانگین مخزن، حالت یکنواخت و ثبات بهتری نسبت به چاه‌های تولیدی با طول کمتر دارد که این امر می‌تواند به دلیل ارتباط بیشتر با لایه نفتی باشد. هرچه این ارتباط بیشتر باشد، تولید و میزان بازیافت نفت نیز زیادتر خواهد شد. جدول ۷- و شکل ۹-، اثر طول چاه تولیدی افقی بر ضریب بازیافت نفت و شکل ۱۰- اثر فشار میانگین مخزن را نشان می‌دهد.

### پانویس‌ها

<sup>1</sup>Caudle and Dyes

<sup>3</sup>Bypass

<sup>5</sup>Break Through

<sup>2</sup>Christensen et al-

<sup>4</sup>Pay Zone

### منابع

- San Antonio, Texas, USA, September 24-27, 2006.
- [7] Mahmoud, T.N.N. 2006. Demonstration and Performance Characterization of The Gas Assisted Gravity Drainage (GAGD) Process Using a Visual Model Master of Science in Petroleum Engineering Thesis, Louisiana State University.
- [8] Rao, D.N. 2001a. Development and Optimization of Gas Assisted Gravity Drainage (GAGD) process for improved light oil recovery.
- [9] Rao, D.N., Ayirala, S.C., Kulkarni, M.M., Sharma, A.P.: "Development of Gas Assisted Gravity Drainage (GAGD) Process for Improved Light Oil Recovery", Paper SPE 89357 Presented at the 2004 SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, Tulsa, April 17-21, 2004.
- [10] Shedid, S.A., Almehaideb, R.A., and Zekri, A.Y.: "Microscopic Rock Characterization and Influence of Slug Size on Oil Recovery by CO2 Miscible Flooding in Carbonate Oil Reservoir", Paper SPE 97635 Presented at the 2005 SPE International Improved Oil Recovery Conference in Asia Pacific, Kuala Lumpur, Malaysia, December 5-9, 2005.
- [11] Vizika, O. 1993. Effect of Spreading Coefficient on the Efficiency of Oil Recovery with Gravity Drainage Symposium on Enhanced Oil Recovery, 205th National Meeting of ACS, Denver, CO, March 28-April 2, 1993.
- [1] خراط، ریاض. اسدالهی و نعمانی. ۱۳۸۷. "از دید برداشت نفت". تهران: نهر دانش.
- [2] Chakravarthy, D., Muralidharan, V., Putra, E., Schechter, D.S.: "Mitigating Oil Bypassed in Fractured Cores During CO2 Flooding Using WAG and Polymer Gel Injections", Paper SPE 97228, Presented at the 2006 SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, Tulsa, Oklahoma, USA, April 22-26, 2006.
- [3] Jadhawar, P.S. and Sarma, H.K. 2010. "Improved Production Strategy for Enhancing the Immiscible and Miscible CO2-Assisted Gravity Drainage Oil Recovery", Paper SPE 130935 presented at the CPS/SPE International Oil & Gas Conference and Exhibition, China, June 8-10, 2010.
- [4] Jadhawar, P.S. 2010. "CO2-Assisted Gravity Drainage EOR: Numerical Simulation and Scalling Models Study" Doctor of Philosophy in Petroleum Engineering Thesis, University of Adelaide, Australia.
- [5] Kamali, F., Khosravi, M., Vahidi, A., Roayaei, E. 2011. "Miscible GAGD Using CO2 in One of the Iranian Fractured Reservoirs - A Case Study", Paper SPE 130935 presented at the SPE Enhanced Oil Recovery Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, July 19-21, 2011.
- [6] Kulkarni, M.M. and Rao, D.N. 2006b. Characterization of Operative Mechanisms in Gravity Drainage Field Projects through Dimensional Analysis. SPE 103230, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, USA, October 2-6, 2006.