اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

شبیه سازی تولید از مخزن با تزریق امتزاجی گاز دی اکسید کربن

حامد رضائی [i]، سعید جمشیدی[۲]، محمد جواد نبوی زاده[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات واحد تهران، گروه مهندسی نفت، تهران، ایران؛ hamedrezaie33@yahoo.com

[۲]عضو هیت علمی، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، گروه مهندسی نفت، تهران، ایران، jamshidi.s@gmail.com

[۳]عضو هیت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی نفت، تهران، ایران، nabavizadehmj@yahoo.com

چکیده

تزریق امتزاجی گاز دی اکسید کربن با نفت مخازن زیرزمینی از روش‌های متداول ازدیاد برداشت می‌باشد، که به دلیل اثرات زیست محیطی از یک سو و امتزاج پذیری آسان با نفت مخزن از سویی دیگر کاربرد آن روز به روز در حال افزایش می‌باشد. دو پارامتر بسیار مهم که عبارتند از: حداقل غلظت امتزاج (MMC) و حداقل فشار امتزاج (MMP) در طراحی سیستم تزریق امتزاجی نقش به سزایی دارند که با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی، روابط تجربی، مشابه سازی های رایانه ای و حل های تحلیلی می‌توان این دو را محاسبه کرد. در این مطالعه دو استراتژی تولید و مدیریت مخزن در راستای بهینه سازی بازیافت نفت در یکی از مخازن زیر اشباع ایران مورد استفاده قرار گرفت، که شامل ۱- تخلیه طبیعی ۲- تزریق امتزاجی گاز دی اکسید کربن

نتایج شبیه سازی نشان داد که سناریوی تزریق دی اکسید کربن باعث عملکرد بهتر و بازیافت بیشتر می‌شود. به واقع تزریق دی‌اکسیدکربن به مخازن نفت نه تنها دارای مزایای زیست محیطی است بلکه دارای توجیه اقتصادی نیز می باشد.

کلمات کلیدی

تزریق امتزاجی، مخازن زیر اشباع، ازدیاد برداشت، حداقل فشار امتزاجی.

Reservoir production simulation of miscible gas carbon dioxide injection

H.rezaei, s.jamshidi., m.javad nabavizadeh

ABSTRACT

Injection of miscible CO_2 in oil reservoirs is one of most common methods in EOR. As this method has positive environmental aspects and CO_2 is easily miscible with reservoir oil, application of CO_2 injection is becoming very common in use.

Two major parameters “minimum miscibility concentration” and “minimum miscibility pressure” that are very important factors in designing of the miscible injection system can be calculated by laboratory methods, experimental formulas, computer simulations and analytical methods. In this article two strategies of production and reservoir management were studied in order to optimize oil recovery in one of the under saturated oil reservoirs in Iran, including: 1) natural depletion 2) Miscible CO_2 injection.

Simulation results show illustrated that CO_2 injection scenario higher efficiency in recovery and as a matter of fact CO_2 injection in oil reservoirs not only has positive environmental effects but also is economically justifiable.

[i] حامد رضائی، تهران – ۳۰ متری نارمک – خیابان شهید عبادی استاد – پلاک ۴۲ = واحد ۳ - ۰۹۱۱۹۱۲۴۲۳۵

KEYWORDS

Miscible injection, Under saturated oil reservoirs, Enhanced oil recovery, Minimum miscibility pressure.

۱- مقدمه

اولین تحقیق مربوط به تزریق گاز دی‌اکسیدکربن به سال 1950 در ایالات متحده آمریکا بر می‌گردد. این گاز را می توان به دو صورت امتزاجی و غیر امتزاجی در مرحله سوم تولید به مخازن نفت تزریق کرد. در سیلابزنی امتزاجی فشار از حداقل فشار امتزاجی بیشتر و در مکانیزم سیلابزنی غیر امتزاجی فشار از مقدار گفته شده کمتر خواهد بود. در فرایند امتزاجی، بیش از 95 درصد نفتی که در تماس با CO_2 قرار می گیرند، می تواند جابجا شوند. بطور نسبی می توان گفت در مخازنی که نفت سبک و نیمه سنگین دارند تزریق دی‌اکسیدکربن بصورت امتزاجی و مخازنی که دارای نفت سنگین هستند تزریق در آنها بصورت غیرامتزاجی صورت می گیرد.[۱] پیشرفت علم و تکنولوژی بدون در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی، نتایجی جبران‌ناپذیر به بار می آورد که شیرینی دستاورد های حاصل از پیشرفت‌های بشر را مخصوصاً به کام آیندگان تلخ خواهد کرد. در این راستا سران کشورهای جهان در پیمانی که در سال 1997 منعقد شد، هم پیمان شدند که از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود در جو زمین بکاهند. با توجه به اینکه اکثر مخازن ایران مرحله تولید خود را پشت سر گذاشته‌اند و از طرف دیگر نقش بسیار کلیدی نفت در اقتصاد کشور، حفظ، صیانت و ازدیاد برداشت از مخازن امری بسیار ضروری تلقی می شود.[۲] با توجه به مطالب بیان شده، تزریق دی‌اکسیدکربن به مخازن نفت نه تنها دارای مزایای زیست محیطی است بلکه دارای توجیه اقتصادی نیز می باشد.

۱-۱- مکانیزم تزریق گاز دی اکسید کربن

وقتی فشار مخزن در برداشت های اولیه و آب روبی کاهش می یابد. قبل از تزریق CO_2 به مخزن باید این فشار به حالت اولیه بر گردد که برای این کار آب از طریق چاه های تزریقی به درون مخزن پمپ می شود تا فشار به حد قابل قبولی برسد، در این هنگام CO_2 از طریق همان چاه های تزریقی به درون مخزن تزریق می شود. ابتدا حتی ذره ای از CO_2 با نفت امتزاج نمی یابد ولی با افزایش فشار تزریق، عمل امتزاج با مولکول های کوچک هیدروکربن های سبک بطور آهسته صورت می گیرد و موجب تشکیل یک جبهه امتزاجی می شود. این جبهه امتزاجی ذاتا یک توده گاز غنی است که حاوی CO_2 و هیدروکربن های سبک می باشد. در شرایط مناسب دما و فشار، این جبهه قابلیت انحلال در نفت را دارد که باعث تسهیل حرکت نفت به سمت چاه های تولیدی می شود. این توده اولیه CO_2 اغلب به وسیله تزریق متناوب آب و CO_2 دنبال می شود. بکار بردن آب برای افزایش ضریب رانش و کاهش میزان CO_2 مصرفی است. تزریق دی اکسید کربن باعث کاهش محسوس کشش سطحی نفت و گاز می شود و این عامل با کاهش نیروهای مقاوم موئینگی، باعث افزایش بازیافت نفت می گردد.[۴]

۱-۲- تأثیر استفاده از دی‌اکسیدکربن جهت ازدیاد برداشت از مخازن نفت

اولین روش‌هایی که برای ازدیاد برداشت به ذهن می‌رسد تزریق آب یا گاز می باشد. به طور معمول، تزریق آب قابلیت‌های کمتری دارند، زیرا آب معمولاً در قسمت فوقانی امتداد نمی‌یابد و قسمتی از نفت موسوم به اتیک را به حال خود می گذارد. اما گاز نسبت به آب دارای چگالی کمتری است، بنابراین گرایش به قسمت‌های فوقانی مخزن دارد و هنگامی که نفت در قسمت بالای آن مخزن قرار دارد، تزریق گاز به منظور ازدیاد برداشت اهمیت زیادی دارد. به همین منظور برای حداکثر نمودن بازیافت، برخی مواقع از ترکیب دو روش تزریق آب و گاز، موسوم به روش WAG استفاده می شود.[۵] از طرف دیگر، گاز به تنهایی نیز تزریق می گردد و آزمایش های بعمل آمده بر روی بسیاری از مخازن ثابت نموده است که در حالت منفرد، تزریق گاز نسبت به آب دارای کارایی بیشتری است. اما امروزه به دلیل با ارزش بودن گازهای هیدروکربوری از گازهایی نظیر Co_2 به منظور تزریق بهره می جویند.[۶] بر اساس رابطه دارسی می توان به تاثیر تزریق دی اکسید کربن در افزایش نرخ تولید پی برد. همان طور که مشخص است با کاهش گرانروی نفت بر اثر تزریق دی اکسید کربن، نرخ تولید نفت افزایش می یابد. همچنین با افزایش فشار ناشی از تزریق دی اکسید کربن در مخزن، ΔP افزایش یافته و این امر منجر به افزایش نرخ تولید نفت می گردد.[۳]

۲- توصیف مدل و مشخصات چاه ها

در این مطالعه، بخشی از یک مخزن ایران مورد مطالعه قرار گرفته است. شبیه سازی مدل توسط شبیه ساز مخزنی پترل انجام شده است.در مدل مخزنی شبیه سازی مدل شامل چهار چاه تولیدی و یک چاه تزریقی می باشد. عمق متوسط مخزن و فشار اولیه آن به ترتیب 14435 ft و 8558 psi می باشد. تراوایی افقی مخزن بطور متوسط 15 md و تخلخل آن نیز 7% می باشد. نسبت تراوایی افقی به عمودی مخزن تقریبا 7.5 می باشد. بعلاوه، حجم فضای خالی مخزن $1062 * 10^6$ bbl بوده و این در حالی است که اشباع اولیه نفت 75% می باشد. مخزن شامل 13*30*60 گرید بلوک بوده که از این میان، تمامی بلوک 23400 فعال می باشد.ابعاد هر بلوک در جهات x، y و z به طور متوسط به ترتیب 328، 328 و 33 فوت می باشد.

ایران، cs.isi.pjs@gmail.com (الزامی)

۲-۱- معرفی میدان نفتی مورد مطالعه

میدان نفتی مورد مطالعه یکی از میدان های نفتی که در جنوب غربی ایران واقع شده است. این میدان دو نوع نفت سنگین (API 18) و نفت سبک (API 37) تولید می‌شود. فشار اولیه این مخزن در عمق14435ft- برابر با 8558 psi و دمای آن ^{0}F 280 و دارای نفت با درجه API ، 37 می باشد. همچنین فشار نقطه حباب نفت مخزن 5361 psi می باشد.

۲-۲- تعیین دبی بهینه تزریق

جهت بدست آوردن دبی بهینه تزریق، سناریو های مختلف با دبی های جریانی متفاوت و با انجام حساسیت سنجی در مخزن با افزایش و کاهش دبی انجام شد تا دبی بهینه تزریق به میزان 40MMScf/day (شکل ۹) محاسبه گردید. مشاهده کردیم زمانی که دبی تزریق افزایش می یابد ضریب بازیافت شروع به افزایش می کند اما وقتی که دبی تزریق به مقدار بحرانی می رسد امتزاج پذیری بصورت ناپایدار شده و جابجایی به صورت (پدیده) انگشتی اتفاق می افتد و در نتیجه باعث کاهش ضریب بازیافت خواهد شد. مقایسه نتایج بین سناریو های مختلف منجر به تعیین بهترین سناریوی ضریب بازیافت شد. در تمامی این سناریو ها، تزریق بوسیله یک چاه تزریقی و تولید از چهار چاه تولیدی تعریف شده برای مدل انجام گردید (شکل ۱۱).

۳- توصیف سناریوی تزریق گاز دی اکسید کربن

گاز گلخانه ای CO_2 به عنوان مهمترین گاز موثر در تغییرات آب و هوا، کاربرد چندانی در صنایع ندارد و نمی توان آن را همچون گاز متان به عنوان خوراک بکار برد. بنابراین می بایست تمهیداتی را در نظر گرفت تا از این گاز استفاده بهینه برد. و ضمن استفاده مفید از آن، از ورود این گاز به جو زمین جلوگیری کرد. همانطور که گفته شد می توان از این گاز گلخانه ای در تزریق مخازن هیدروکربوری و ازدیاد برداشت استفاده کرد. تزریق دی اکسید کربن به مخزن به دو صورت امتزاجی و غیر امتزاجی صورت می گیرد. در تزریق امتزاجی گاز کربن دی اکسید، مخزن باید دارای چگالی API=22 باشد. تزریق غیر امتزاجی کربن دی اکسید زمانی صورت می گیرد که فشار مخزن بیش از حد کم و چگالی نفت بیش از حد بالا باشد. در تزریق امتزاجی گاز، تزریق گاز باید در فشار های بالا و یا حداقل فشار امتزاج (MMP) صورت گیرد تا گاز درون نفت حل شود. تزریق گاز به زیر فشار امتزاج را تزریق غیر امتزاجی گاز می گویند. در تزریق امتزاجی گاز دو عامل زیر حائز اهمیت است: الف) ویژگی های ترکیبات سیال ب) فشار و درجه حرارت.[۴]

در این حالت میزان تزریق به مقدار 40MMScf/day فوت مکعب گاز تزریقی دی اکسید کربن روزانه در چاه تزریق می شود. سایر شرایط کنترلی اعمال شده در این سناریو در جدول شماره ۱ موجود می باشد. نمودارهای مربوطه به این سناریو نیز در شکل های۱ تا ۹ آمده اند. ضریب بازیافت نهایی بدست آمده در این سناریو به میزان ۳۲ درصد نفت درجای اولیه می باشد.

با توجه به اشکال ۱ تا ۹ نتایج جدول شماره ۲ حاصل گردید. همچنین میزان بازیافت نهایی در این سناریو مطابق شکل ۱۰ برابر با ۳۲ درصد نفت درجای اولیه مخزن می باشد. ضریب بازیافت بدست آمده در این سناریو در مقایسه با سناریوی تخلیه طبیعی از رشد چشم گیری برخوردار است

۴- نتیجه و جمع بندی

با توجه به کارهای صورت گرفته نتایج زیر قابل برداشت می باشند:

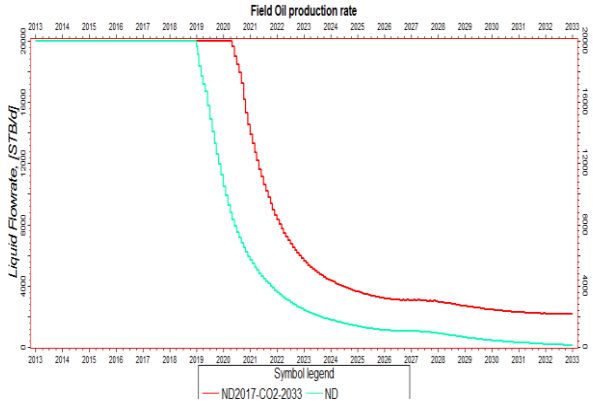
- ✓ با استفاده از روش های ازدیاد برداشت می توان نرخ تولید از مخازن را بالا برد.
- ✓ استفاده از دی اکسید کربن می تواند راه حل خوبی جهت افزایش تولید از مخازن نفتی باشد.
- ✓ میزان افت فشار حاصله برابر 2776 psi بوده است.
- ✓ میزان تولید تجمعی نفت برابر5.83*10+7 STB برآورد شده است.
- ✓ میزان تولید تجمعی گاز برابر5.66*10+8 MSCF برآورد شده است.
- ✓ حداقل فشار امتزاجی گاز دی اکسید کربن 5393 PSI پیش بینی شده است.
- ✓ میزان بازیافت نهایی در این سناریو برابر با 32 درصد نفت درجای اولیه مخزن پیش بینی شده است.

جدول ۱ شرایط کنترلی اعمال شده در سناریوی تزریق امتزاجی گاز دی اکسید کربن

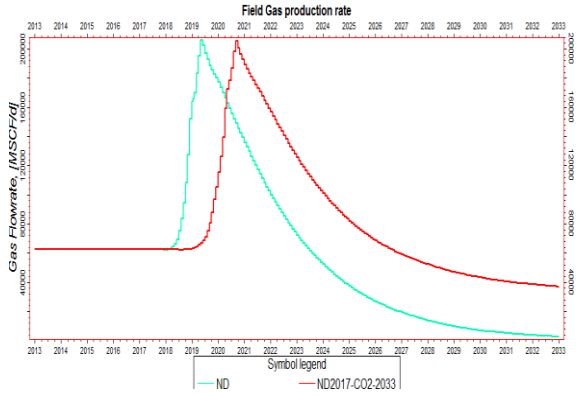
Control Mode	Production well	Oil Rate (STB/d)	5000
		Bottom hole Pressure (psi)	3000
	Injection Well	Surface Rate (MSCF/d)	40000
		Bottom hole Pressure (psi)	7200

جدول ۲ نتایج خروجی از سناریوی تزریق امتزاجی گاز دی اکسید کربن

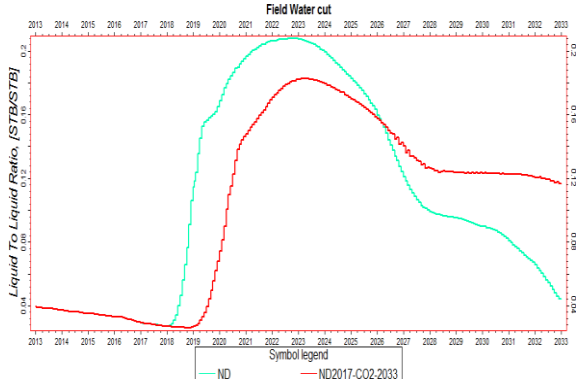
میزان افت فشار حاصله (PSI)	2776
میزان تولید تجمعی نفت (STB)	$5.83*10^{+7}$
میزان تولید تجمعی گاز (MSCF)	$5.66*10^{+8}$
حداقل فشار امتزاجی گاز CO_2 (PSI)	5393



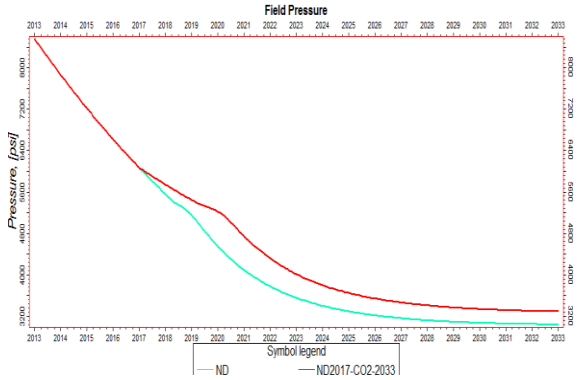
شکل ۱ پیش بینی نرخ تولید نفت از مخزن در حالت تزریق co_2 در مقایسه با حالت تخلیه طبیعی



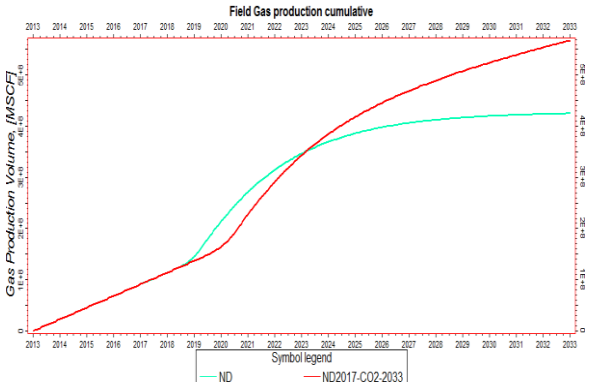
شکل ۲ پیش بینی نرخ تولید گاز از مخزن در حالت تزریق co_2 در مقایسه با حالت تخلیه طبیعی



شکل ۳ پیش بینی Water cut مخزن در حالت تزریق co_2 در مقایسه با حالت تخلیه طبیعی

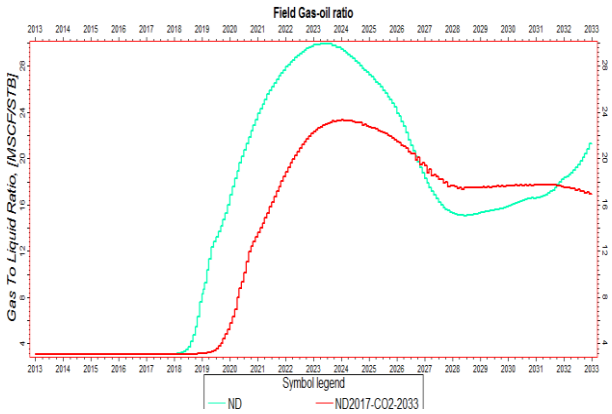


شکل ۴ پیش بینی فشار مخزن در حالت تزریق Co_2در مقایسه با حالت تخلیه طبیعی

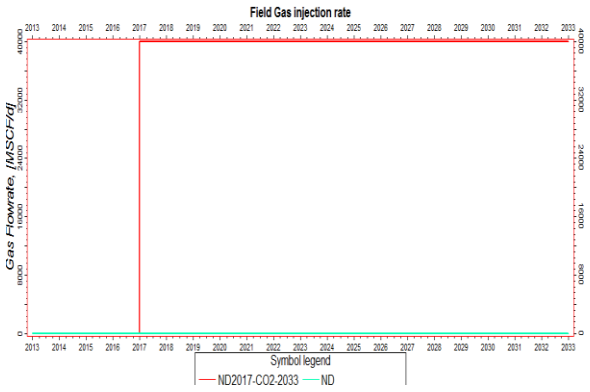


شکل ۵ پیش بینی تولید انباشتی نفت مخزن در حالت تزریق CO_2 در مقایسه با حالت تخلیه طبیعی

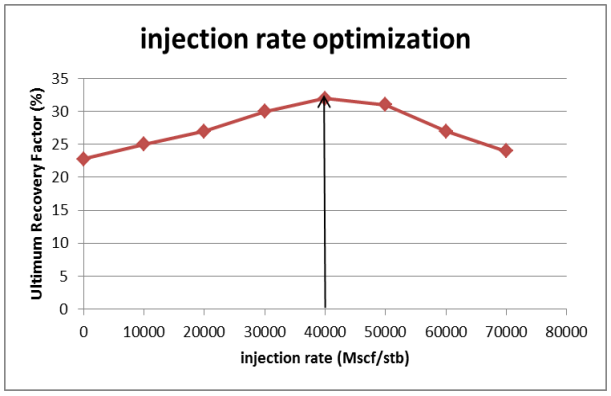
شکل ۶ پیش بینی تولید انباشتی گاز مخزن در حالت تزریق CO_2 در مقایسه با حالت تخلیه طبیعی



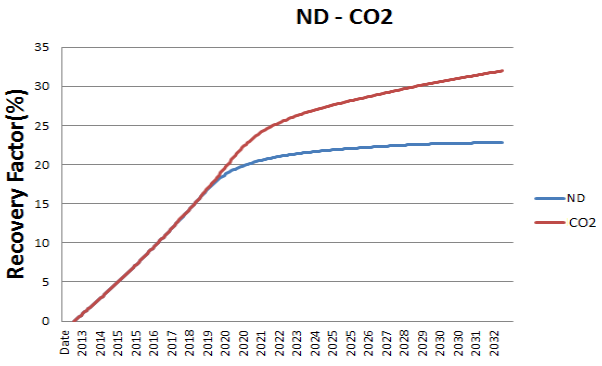
شکل ۷ پیش بینی نسبت گاز به نفت مخزن در حالت تزریق CO_2 در مقایسه با حالت تخلیه طبیعی



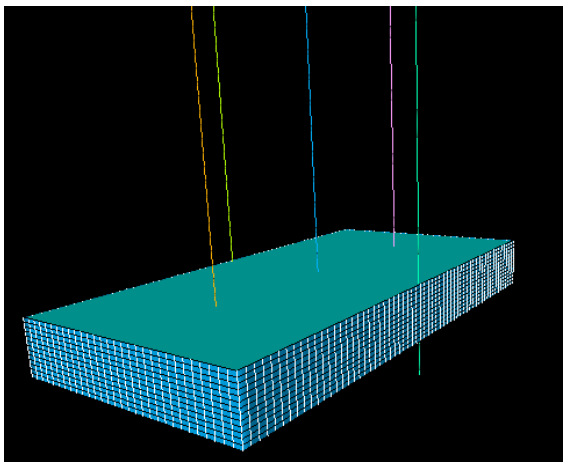
شکل ۸ پیش بینی نرخ تزریق گاز به مخزن در حالت تزریق CO_2 در مقایسه با حالت تخلیه طبیعی



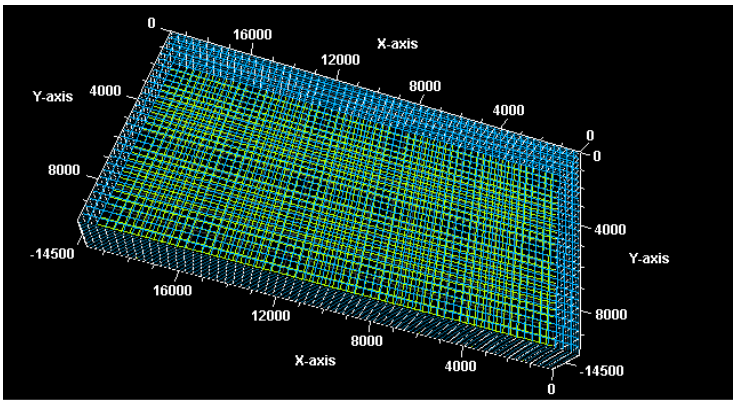
شکل ۹ پیش بینی دبی بهینه تزریق گاز دی اکسید کربن



شکل ۱۰ مقایسه میزان بازیافت نفت در حالت سناریوی تزریق امتزاجی گاز دی اکسید کربن با تخلیه طبیعی



شکل ۱۱ مدل استاتیک مخزن با یک چاه تزریقی در مرکز و چهار چاه تولیدی در اطراف



شکل ۱۲ گرید بندی انجام شده

۵- مراجع

[1] فروغی علیرضا ، «تزریق Co_2 به روش غیرامتزاجی به منظور افزایش بازیافت از مخازن نفت سنگین»، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۳۸، ص۳۱

[2] تقیان مجتبی ، «بررسی و ارزیابی انواع تزریق دی‌اکسید کربن در ازدیاد برداشت از مخازن»، ماهنامه اکتشاف و تولید، اردیبهشت ۸۹، شماره ۶۷، ص ۲۵

[3] Tarck Ahmad. Reservoir Engineering Handbook, Gulf publishing company, Houston, Texas.

[4] Dow. Green, G. Paul willhite 2003. Enhanced oil Recovery, SPE, Texas.

[5] Donaldson, c. (1989). Enhanced oil Recovery, Elsevier.

[6] Rao, D.N., Ayirala, S.C.Kulkarni, M.M. Sharma, A.P. (April 2004) Development of Gas Assisted Gravity Drainage (GAGD) Process for Improved Light oil Recovery, SPE – 89357, Louisianan state university usa.