

انتخاب سناریوی بهینه کاهش نرخ تزریق گرما در مخازن نفت سنگین در فرآیند سیلاب‌زنی با بخار

حامد پنجلی‌زاده^{۱*}، علی علیزاده^۱، احسان خامه‌چی^۲، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
چکیده

در حال حاضر فرآیندهای حرارتی مثل سیلاب‌زنی با بخار و تزریق سیکلی بخار به‌طور گسترده‌ای برای برداشت نفت‌های سنگین مخازن ماسه‌سنگی که گرانروی متوسطی دارند استفاده می‌شوند. در بسیاری از پروژه‌های سیلاب‌زنی با بخار پس از گذشت زمان، نرخ تزریق گرما به مخزن کاهش می‌یابد. مزیت اصلی این کار کاهش هزینه‌های سوخت و در نتیجه افزایش طول عمر اقتصادی پروژه است. در نحوه کاهش نرخ تزریق گرما در صنعت، اتفاق نظر چندانی وجود ندارد. دو روش کاهش نرخ تزریق گرما عبارتند از کاهش تدریجی نرخ گرمی تزریق با حفظ کیفیت بخار در یک مقدار زیاد و کاهش کیفیت بخار در نرخ گرمی ثابت. در این مطالعه تأثیر روش‌های مختلف تولید (با سناریوهای کاهش نرخ گرمی تزریق بخار یا کیفیت بخار بر حسب زمان در یک مخزن نفت‌سنگین بدون شیب) بر میزان نفت تجمعی تولیدی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در نرخ‌های یکسان تزریق گرما، سناریوی کاهش نرخ گرمی با حفظ کیفیت بخار در یک مقدار زیاد، نسبت به سناریوی کاهش کیفیت بخار در نرخ گرمی ثابت، نفت تجمعی خالص تنزیل شده بیشتری تولید خواهد کرد. سناریوی کیفیت ثابت منجر به افزایش اثر مکانیزم‌های ریزش‌ثقلی نفت گرم شده و انبساط ناحیه بخار^۲ به سمت پایین صورت می‌گیرد؛ در حالی که کاهش کیفیت بخار منجر به غالب شدن مکانیزم جابجایی با آب داغ که کارایی کمتری دارد می‌شود.

واژگان کلیدی بازایافت حرارتی نفت، سیلاب‌زنی با بخار، انبساط ناحیه بخار، ریزش ثقلی، جابجایی با آب داغ

مقدمه

پروژه‌های تزریق بخار با سپری شدن بخشی از زمان پروژه، نرخ تزریق گرما به مخزن را کاهش می‌دهند. این امر باعث می‌شود که برای تولید بخار هزینه کمتری صرف شده و عمر اقتصادی پروژه افزایش یابد. هم‌چنین مشخص شده که کاهش پیوسته نرخ تزریق انرژی هم به لحاظ فنی و هم به لحاظ اقتصادی مفید است [۳]. کاهش نرخ تزریق گرما، هم به صورت کاهش نرخ تزریق گرمی بخار در کیفیت ثابت و هم به صورت کاهش کیفیت بخار تزریقی با نرخ گرمی ثابت قابل انجام است. حال این سؤال مطرح می‌شود که کدامیک از دو روش گفته شده کارایی بهتری داشته و از لحاظ اقتصادی به صرفه‌تر است. محققان زیادی به بررسی این موضوع از جنبه‌های مختلف پرداخته‌اند.

چو و تریمل^۱ (۱۹۷۵) با انجام شبیه‌سازی‌های عددی روی قسمتی از مخزن کرن‌ریور^{۱۱} به بررسی روش‌های کاهش نرخ تزریق گرما پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که عملکرد یک پروژه سیلاب‌زنی با بخار از طریق کاهش نرخ گرمی تزریق بخار به صورت پیوسته افزایش می‌یابد. طبق یافته‌های آنها آغاز پروژه در نرخ تزریق و کیفیت بالا (۷۰ درصد) و به دنبال آن کاهش تدریجی نرخ تزریق بخار، بهترین نتیجه را در پی خواهد داشت. آنها هم‌چنین عنوان کردند که مطالعات بیشتری برای یافتن میزان کاهش بهینه لازم است

امروزه روش‌های مؤثر در برداشت از مخازن نفت سنگین و بیتومن مورد توجه قرار گرفته‌اند. علت این توجه ویژه به مخازن نفت‌سنگین، کاهش تدریجی میزان برداشت از مخازن نفتی متداول و هم‌چنین میزان قابل توجه این منابع انرژی در سراسر دنیا (حدود ۶ تریلیون بشکه نفت سنگین درجا) می‌باشد [۱]. به علت گرانروی زیاد نفت سنگین، تولید اولیه از این مخازن بسیار کم بوده و بنابراین برای تولید از آنها باید از روش‌های ازدیاد برداشت استفاده کرد. روش‌های ازدیاد برداشت متعددی برای برداشت (EOR) از مخازن نفت سنگین و نیمه‌سنگین وجود دارد؛ متداول‌ترین این روش‌ها عبارتند از سیلاب‌زنی با بخار^۵، تزریق متناوب بخار^۶، احتراق درجا^۷، ریزش ثقلی به کمک بخار^۸ و سیلاب‌زنی با آب داغ^۹. در حال حاضر فرآیندهای حرارتی مثل سیلاب‌زنی با بخار و تزریق متناوب بخار به‌طور گسترده‌ای برای برداشت نفت‌های سنگین مخازن ماسه‌سنگی که گرانروی متوسطی دارند استفاده می‌شوند [۲]. روش سیلاب‌زنی با بخار از دهه ۱۹۳۰ مطرح بوده و امروزه مهم‌ترین و پرکاربردترین روش حرارتی برای نفت‌های نسبتاً سنگین به‌شمار می‌رود. فرآیند تزریق بخار شامل تزریق بخار دو فازی با دمای زیاد به مخزن می‌باشد. در بسیاری از

* نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات (panjalizadeh@aut.ac.ir)



این مدل یک هشتم الگوی نقطه‌ای معکوس بوده و شامل شبکه‌های موازی $9 \times 5 \times 4$ می‌باشد. شکل ۱- نمای مدل شبیه‌سازی را از بالا نشان می‌دهد. مدل مورد مطالعه دارای چهار لایه بوده و تراوایی افقی لایه‌ها به ترتیب از بالا به پایین ۲۰۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ است. مدل دارای یک چاه تزریقی و دو چاه تولیدی است. هر دو چاه تولیدی در تمام لایه‌ها تکمیل شده‌اند، در صورتی که چاه تزریقی تنها در آخرین لایه ($k=4$) تکمیل گردیده است. این عمل برای به تأخیر انداختن عمل روراندگی بخار^{۱۴} انجام شده است. خواص کلی سنگ مخزن، شرایط اولیه و هم‌چنین خواص حرارتی سنگ پی و پوش در جدول ۱- آورده شده است.

نمودار گرانروی نفت برای دماهای مختلف در شکل ۲- نشان داده شده

مقدار	کمیت (واحد)
۲۴	ضریب هدایت حرارتی سنگ‌های مخزن، پی و پوش Btu/(ft-D-°F)
۳۵	ظرفیت گرمایی سنگ‌های مخزن، پی و پوش Btu/(ft ³ of rock-°F)
۰/۳	تخلخل (جزء)
5×10^{-4}	تراکم‌پذیری موثر سنگ (psi^{-1})
3×10^{-6}	تراکم‌پذیری آب (psi^{-1})
۰/۵۵	اشباع اولیه آب (جزء)
۱۲۵	دمای اولیه مخزن (°F)
۷۵	فشار اولیه در مرکز لایه فوقانی (psi)
۱۶	درجه سبکی نفت (°API)
۶۵	نسبت گاز به نفت (scf/stb)
۶۰۰	فشار حباب (psi)

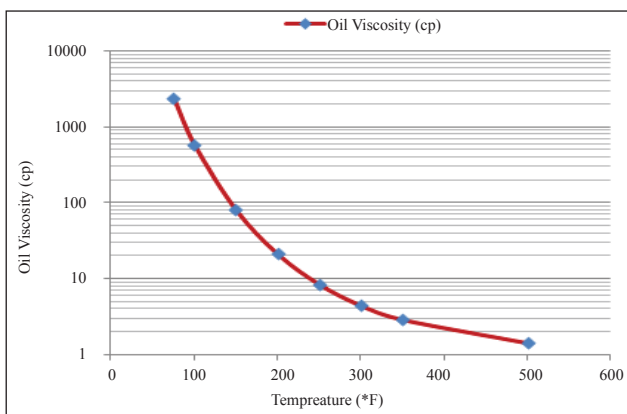
۱ | خواص سنگ و سیال و شرایط اولیه

[۴]. ووگل (۱۹۸۴) نیز در این زمینه تحقیقاتی انجام داده که کارهای او نسبت به تحقیقات چو و تریمبل مبنای نظری بیشتری دارد. طبق رابطه تحلیلی ووگل سیلاب‌زنی با بخار باید در یک نرخ تزریق زیاد بخار و کیفیت بخار ثابت شروع شده و سپس با زمان کاهش یابد. هم‌چنین نئومن^{۱۱} (۱۹۸۵) مطالعاتی مشابه تحقیقات ووگل انجام داده است. نئومن مزایای کاهش نرخ تزریق گرما در طول زمان را ارائه کرد اما برخلاف سایر محققان کاهش کیفیت بخار تزریقی را روش مناسب‌تری عنوان نمود [۵].

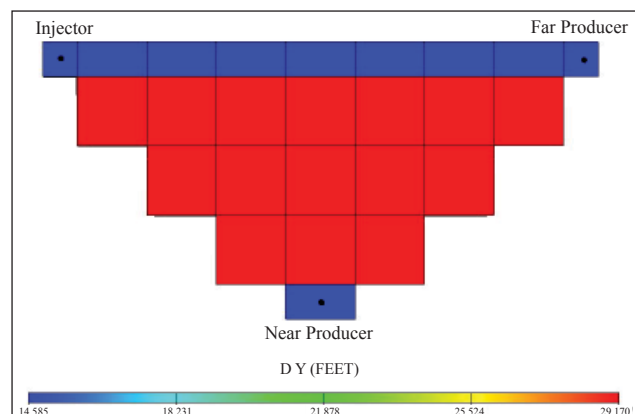
به نظر می‌رسد محققان مختلف درباره کاهش نرخ تزریق گرما به مخزن در طول زمان اتفاق نظر دارند اما نتایج متضادی درباره روش‌های اعمال این کاهش وجود دارد؛ از جمله اینکه آیا کاهش نرخ تزریق گرما باید به صورت کاهش نرخ تزریق جرمی بخار در یک کیفیت ثابت انجام شود یا به صورت کاهش کیفیت بخار تزریقی در یک نرخ تزریق جرمی ثابت؟ هدف از انجام این مطالعه پاسخ‌دادن به این سؤال و هم‌چنین بررسی دقیق مکانیزم‌های مؤثر بر این فرآیند در یک مخزن نفت‌سنگین لایه‌ای بدون شیب با استفاده از شبیه‌سازی حرارتی است.

۱- توصیف مدل

در این مطالعه برای انجام شبیه‌سازی‌ها از نرم‌افزار ECLIPSE استفاده شده است. دو ماژول برای انجام شبیه‌سازی‌های حرارتی در این نرم‌افزار تعبیه شده؛ یکی ماژول Thermal در مدل E300 و دیگری ماژول Temperature در مدل E100. از آنجایی که فرآیند تزریق بخار یک فرآیند ترکیبی است، انجام شبیه‌سازی‌ها نیازمند استفاده از یک شبیه‌سازی ترکیبی^{۱۳} می‌باشد که به همین منظور از ماژول Thermal در مدل E300 استفاده شده است. برای انجام شبیه‌سازی‌ها از گزینه Live oil استفاده شده است [۶]. مدل مورد مطالعه مسئله سوم SPE است که برای مقایسه شبیه‌سازی‌های تزریق بخار مورد استفاده قرار گرفته [۷] که البته تغییراتی جزئی در آن اعمال شده است.



۲ | گرانروی نفت بر حسب دما



۱ | نمای مدل شبیه‌سازی از بالا

تولید بخار کمتر می شود. زمانی که مقدار CDNO بیشه خواهد شد، زمانی است که باید فرآیند سیلاب زنی بخار خاتمه یابد. زیرا از این زمان به بعد فرآیند سیلاب زنی با بخار از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود. این زمان را زمان خاتمه گویند.

۳- سناریوهای مختلف تولیدی

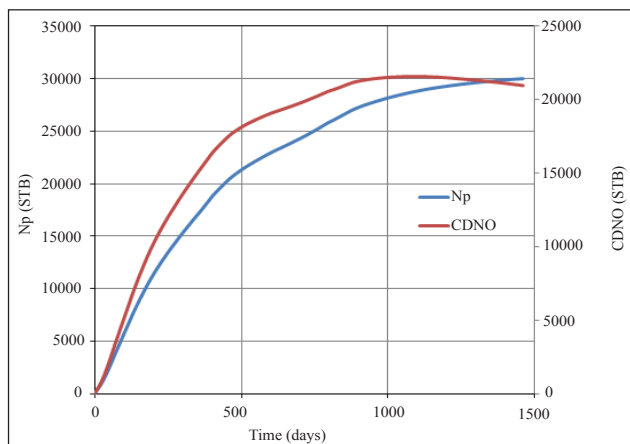
در این مطالعه دو سناریوی تزریق بررسی شده اند که عبارتند از کاهش تدریجی نرخ تزریق بخار در کیفیت ثابت و کاهش تدریجی کیفیت بخار تزریقی در نرخ ثابت. شبیه سازی ها برای ضخامت های ۴۰ و ۶۰ فوت انجام شده است.

۳-۱- کاهش تدریجی نرخ تزریق بخار در کیفیت ثابت

این سناریو با نرخ تزریق بخار ۵۸ هزار بشکه در روز، مقدار آب معادل (CWE)^{۱۷} و کیفیت ۸۰ درصد آغاز شده و این شرایط تا شش ماه ثابت باقی می ماند. سپس نرخ تزریق گرما به مخزن در دوره های زمانی مشخص کاهش داده می شود. در این سناریو کاهش نرخ تزریق گرما به مخزن از طریق کاهش نرخ بخار تزریقی در کیفیت ثابت انجام می گیرد. در این مطالعه دو کاهش ۱۰ و ۳۰ درصدی در هر سال مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۲- کاهش تدریجی کیفیت بخار در نرخ ثابت

در این سناریو نیز همانند سناریوی اول نرخ و کیفیت بخار تزریقی در شش ماه نخست ثابت است. سپس برای کاهش نرخ گرمای تزریقی به مخزن، کیفیت بخار به تدریج کاهش می یابد. مثل سناریوی اول کیفیت به گونه ای کاهش می یابد که نرخ گرمای تزریقی به مخزن ۱۰ و ۳۰ درصد در هر سال کاهش یابد. برنامه کاهش تدریجی نرخ و کیفیت در سال در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۳ نمودار Np و CDNO برای مدل مرجع

است. همان طور که مشاهده می شود با افزایش دما گرانیوی نفت به شدت کاهش می یابد. همین امر علت اصلی موفقیت روش های حرارتی برای بازیافت نفت از مخازن نفت سنگین می باشد.

۲- روش محاسبه مقدار نفت تجمعی خالص تنزیل شده

در این مطالعه از روش هونگ^{۱۵} (۱۹۹۴) برای به دست آوردن مقدار نفت خالص تولیدی، $N_{p,ns}$ استفاده شده است [۸]. در این روش فرض می کنیم مقداری از نفت تولیدی برای تولید بخار سوزانده می شود. با تفریق مقدار نفت لازم برای تولید بخار از کل نفت تولیدی، مقدار نفت خالص تولیدی به دست می آید. $N_{p,ns}$ از معادله ۱- حاصل می شود:

$$N_{p,ns} = N_p - \sum i_{sf} \cdot \frac{\Delta t_i}{F_{sf}} \quad (1)$$

در این معادله مقدار نفت تجمعی تولید شده N_p ، نشانگر تمام نفت تولید شده و i نشان دهنده نرخ ثابت تزریق بخار در بازه Δt می باشد. F_{sf} نیز تعداد بشکه های آبی است که با سوزاندن یک بشکه از نفت تولیدی به بخار با کیفیت و دمای معین تبدیل شده است. در جدول ۲- مقادیر مختلف F_{sf} برای کیفیت های مختلف بخار ارائه شده است. دمای بخار تزریقی ۴۵۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته شده است.

مقدار نفت تجمعی خالص تنزیل شده (CDNO)^{۱۶} با استفاده از تنزیل پیوسته $N_{p,ns}$ سالانه به دست می آید. در این مطالعه نرخ تنزیل سالانه ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است. برای نمونه نمودار N_p و CDNO بر حسب زمان برای مدل مرجع در شکل ۳- نشان داده شده است. همان طور که در این شکل دیده می شود با شروع فرآیند مقدار CDNO افزایش می یابد. این روند تا زمانی که CDNO به مقدار بیشینه خود برسد، ادامه می یابد. اما پس از این مقدار بیشه، به تدریج مقدار CDNO کاهش می یابد. این روند کاهش زمانی اتفاق می افتد که نرخ تولید نفت از میزان نفت لازم برای

۲ مقادیر F_{sf} بر حسب کیفیت بخار		
F_{sf}	آنتالپی بخار (Btu/lbm)	کیفیت بخار (جزء)
۹/۹۶	۱۰۵۰	۰/۸۰۰
۱۱/۰۷	۹۴۵	۰/۶۶۵
۱۲/۳۰	۸۵۰	۰/۵۴۳
۱۳/۶۸	۷۶۵	۰/۴۳۳
۱۶/۸۷	۶۲۰	۰/۲۴۵
۲۰/۳۳	۵۱۴	۰/۱۰۹
۲۴/۳۱	۴۳۰	۰



۴- بررسی نتایج

شبیه‌سازی‌های تزریق بخار با استفاده از مدل ساخته شده برای سناریوهای مختلف انجام شده است. با استفاده از روش هونگ، نتایج حاصل، به مقدار نفت تجمعی خالص تنزیل شده تبدیل گردیده و نمودار CDNO مبنای مقایسه سناریوهای مختلف قرار گرفته است.

شکل‌های ۴-۵ به ترتیب نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها را برای ضخامت‌های ۴۰ و ۶۰ فوت نشان می‌دهند. در این دو شکل نمودار CDNO برای هر دو سناریو بر حسب زمان تارسیدن به زمان خاتمه رسم شده‌اند. با بررسی نمودارها نتایج زیر حاصل می‌شود:

- هرچه درصد کاهش بیشتر شود، عمر اقتصادی پروژه افزایش می‌یابد.
- کاهش نرخ در کیفیت ثابت نسبت به کاهش کیفیت در نرخ ثابت، میزان نفت اقتصادی بیشتری تولید خواهد کرد.
- هرچه درصد کاهش بیشتر گردد، اختلاف بین CDNO نهایی حاصل از دو

سناریو افزایش می‌یابد؛ به طوری که برای کاهش ۳۰ درصدی، نمودارهای CDNO برای دو سناریو، اختلاف فراوانی دارند.

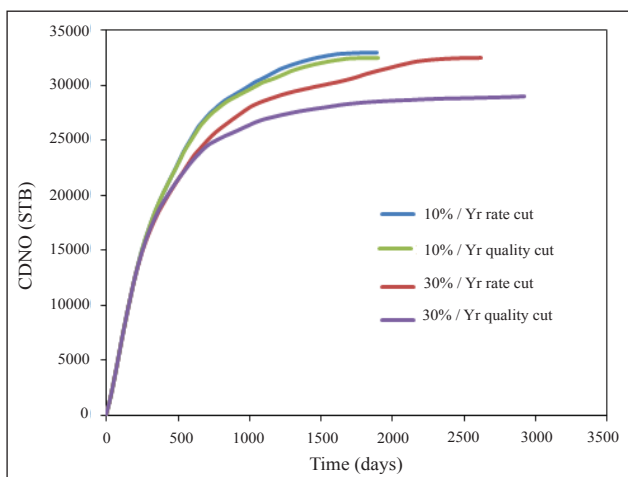
■ نتایج حاصل برای ضخامت‌های ۴۰ و ۶۰ فوت شباهت زیادی دارند.

با بررسی این شبیه‌سازی‌ها مشخص می‌شود که کاهش نرخ تزریق سبب افزایش سرعت انبساط ناحیه بخار می‌شود. برای نمونه شکل ۶- میزان اشباع میانگین فاز گاز (شامل بخار آب و بخار نفت که میزان بخار نفت در مقایسه با بخار آب بسیار اندک است) را بر حسب زمان برای مدلی با ضخامت ۶۰ فوت نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود میزان اشباع میانگین فاز گاز برای سناریوی کاهش ۳۰ درصدی نرخ، به میزان قابل توجهی بیشتر از سناریوی کاهش ۳۰ درصدی کیفیت است. شکل ۷- پروفایل اشباع فاز گاز در برش عمودی مدل ۶۰ فوتی را پس از گذشت ۲۰۰۰ روز از آغاز فرآیند برای دو سناریوی کاهش ۳۰ درصدی نشان می‌دهد. با مقایسه دو شکل واضح است که در سناریوی کاهش ۳۰ درصدی نرخ، اشباع فاز گاز بیشتر از سناریوی کاهش ۳۰ درصدی کیفیت است. این اختلاف‌ها در اشباع فاز گاز و سرعت انبساط ناحیه بخار قابل پیش‌بینی هستند چون در سناریوی کاهش نرخ، بخار با کیفیت بیشتری (اشباع گاز بیشتر) به مخزن تزریق می‌شود.

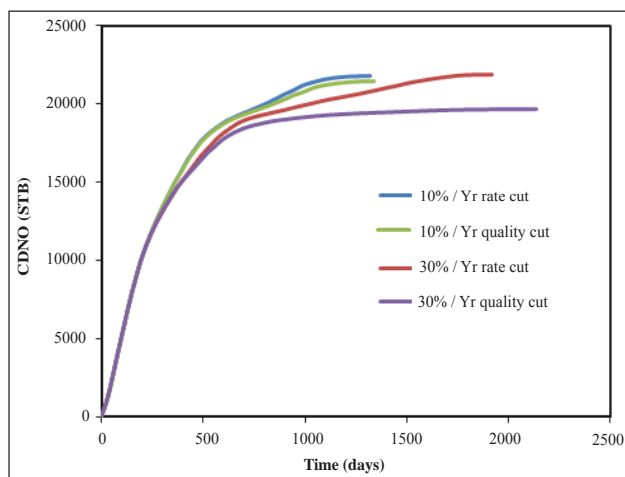
از جمله مکانیزم‌های مؤثر باز یافت نفت در فرآیند سیلاب‌زنی با بخار، انبساط ناحیه بخار، ریزش ثقلی^{۱۸} و جابجایی با آب داغ^{۱۹} هستند. مکانیزم باز یافت جابجایی با آب داغ نسبت به دو مکانیزم دیگر کارایی کمتری دارد. از آنجایی که پس از گسست بخار^{۲۰} مکانیزم باز یافت غالب، انبساط ناحیه بخار به سمت پایین و ریزش ثقلی نفت گرم شده می‌باشد، کاهش نرخ با حفظ کیفیت بخار در یک مقدار زیاد، اثر این دو مکانیزم را افزایش خواهد داد. در حالی که کاهش کیفیت بخار در نرخ ثابت باعث کاهش اشباع فاز گاز و غالب شدن مکانیزم جابجایی با آب داغ می‌شود که کارایی کمتری دارد. به همین دلیل کاهش نرخ

جدول ۳ | برنامه کاهش تدریجی نرخ و کیفیت در سال

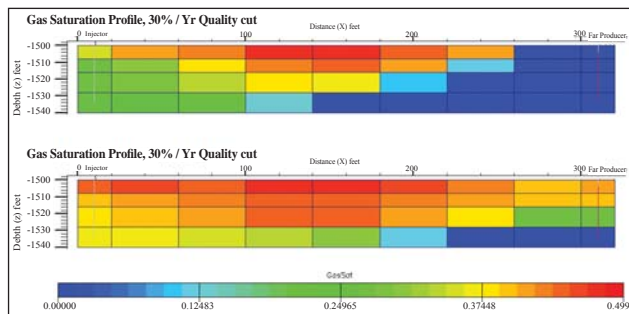
زمان (روز)	۱۰٪ کاهش نرخ (BPD)	۱۰٪ کاهش کیفیت (جزء)	۳۰٪ کاهش نرخ (BPD)	۳۰٪ کاهش کیفیت (جزء)
۰-۱۸۲	۵۸/۰۰	۰/۸۰۰	۵۸/۰۰	۰/۸۰۰
۱۸۲-۵۴۷	۵۲/۲۰	۰/۶۶۵	۴۰/۶۰	۰/۳۹۳
۵۴۷-۹۱۲	۴۶/۹۸	۰/۵۴۳	۲۸/۴۲	۰/۱۰۹
۹۱۲-۱۲۸۷	۴۲/۲۸	۰/۴۳۳	۲۳/۷۶	۰
۱۲۸۷-۱۶۷۴	۳۸/۰۶	۰/۳۳۴	۲۳/۷۶	۰
۱۶۷۴-۲۰۰۸	۳۴/۲۵	۰/۲۴۵	۲۳/۷۶	۰
۲۰۰۸-۲۳۷۳	۳۰/۸۲	۰/۱۶۵	۲۳/۷۶	۰
۲۳۷۳-۲۷۳۸	۲۷/۷۴	۰/۰۹۳	۲۳/۷۶	۰
۲۷۳۸-۳۱۰۴	۲۴/۹۷	۰/۰۲۸	۲۳/۷۶	۰



شکل ۵ | میزان CDNO دو سناریو بر حسب زمان با ضخامت ۶۰ فوت



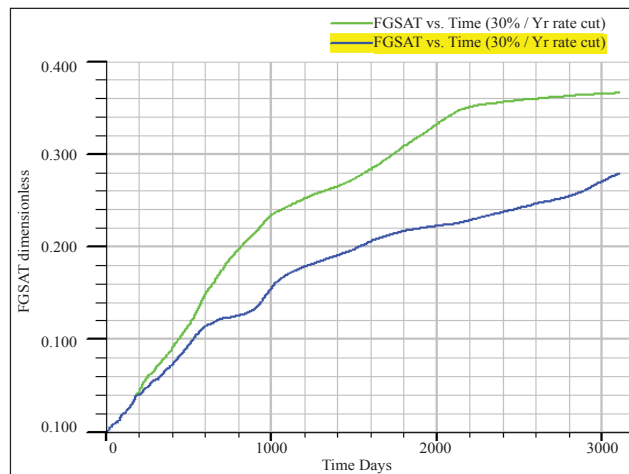
شکل ۴ | میزان CDNO دو سناریو بر حسب زمان با ضخامت ۴۰ فوت



۷ | پروفایل اشباع فاز گاز (بخار آب) در برش عمودی مدل ۶۰ فوتی پس از گذشت ۲۰۰۰ روز

نتیجه گیری

- در شرایط فرض شده در این مطالعه، کاهش نرخ جرمی تزریق بخار در یک کیفیت بالا و ثابت منجر به بازیافت نفت اقتصادی (CDNO) بیشتری نسبت به سناریوی کاهش کیفیت بخار در نرخ ثابت خواهد شد.
- سناریوی کیفیت ثابت منجر به افزایش اثر مکانیزم‌های انبساط ناحیه بخار به سمت پایین و ریزش ثقلی نفت گرم شده می‌شود؛ در حالی که کاهش کیفیت بخار منجر به غالب شدن مکانیزم جابجایی با آب داغ می‌شود که کارایی کمتری دارد.
- بر اساس بررسی میزان نفت تجمعی خالص تنزیل شده (CDNO)، تزریق بخار باید در یک نرخ تزریق زیاد آغاز شده و سپس با گذشت زمان بر اساس استراتژی بهینه تولید، کاهش یابد.



۶ | مقایسه اشباع فاز گاز (بخار آب) برای سناریوهای کاهش ۳۰ درصدی

با حفظ کیفیت بخار در یک مقدار زیاد نسبت به کاهش کیفیت در نرخ ثابت، سبب تولید نفت اقتصادی بیشتری خواهد شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که سناریوی کاهش نرخ در کیفیت ثابت کارایی بهتری نسبت به سناریوی دیگر دارد. به هر حال بررسی اثر سایر متغیرها مثل زمان آغاز کاهش و درصد کاهش بهینه، نیازمند انجام مطالعات بیشتری است. اجراهای شبیه‌سازی باید برای هر مخزن مشخص انجام شوند تا مشخص گردد که کاهش نرخ باید در چه زمانی آغاز شود و درصد کاهش بهینه باید به چه میزان باشد؟

پانویس‌ها

- | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. alizadeh2627@aut.ac.ir | 8. steam assisted gravity drainage | 15. Hong |
| 2. khamehchi@aut.ac.ir | 9. hot water flooding | 16. Cumulative Discounted Net Oil |
| 3. steam zone expansion | 10. Chu & Trimble | 17. Cold Water Equivalent |
| 4. Enhanced Oil Recovery | 11. Kern River | 18. gravity drainage |
| 5. steam flooding | 12. Neuman | 19. hot water displacement |
| 6. cyclic steam stimulation | 13. compositional simulator | 20. steam breakthrough |
| 7. in situ combustion | 14. steam override | |

منابع

- [1] Queipo, N.V., Goicochea, J.V. and Pintos, S. 2002. Surrogate modeling-based optimization of SAGD processes. Journal of Petroleum Science and Engineering, 35 (1-2): 83-93.
- [2] Das, S. 2007. Application of thermal recovery processes in heavy oil carbonate reservoirs. Paper SPE 105392 presented at the 15th SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference, Bahrain, 11-14 March
- [3] Vogel, J.V., 1984. Simplified Heat Calculations for Steamfloods. JPT, p: 1127-1136
- [4] Chu, C. and Trimble, A.E., 1975. Numerical Simulation of Steam Displacement - Field Performance Applications. JPT, p: 765-776.
- [5] Neuman, C.H., 1985. A Gravity Override Model of Steamdrive. JPT, p:163-169.
- [6] Simulation software User's manual, Eclipse 2005A
- [7] Aziz, K., Ramesh, A.B., Woo, P.T. 1985. Fourth SPE Comparative Solution Project: Comparison of Steam Injection Simulator. Paper SPE 13510 presented at SPE Reservoir Simulation Symposium, Dallas, 10-13 February
- [8] Hong, K.C. 1994. Effects of Steam Quality and Injection Rate on Steamflood Performance. SPE Reservoir Engineering, 9 (4): 290-296