

شبیه‌سازی تولید نفت از مخازن در فرآیند سیلاب‌زنی با سورفکتانت

محمد رضا عادل زاده* • محمد عبدپور • دانشگاه آزاد واحد امیدیه |

چکیده

پس از مراحل اولیه و ثانویه تولید، هنوز بخش زیادی از نفت درون حفرات سنگ مخزن به علت نیروی موینگی بالا باقی مانده است که برای تولید آن استفاده از روش‌های ازدیاد برداشت ضروری است. به این منظور می‌توان از مواد فعال سطحی (سورفکتانت) استفاده نمود. از جمله راه‌های بررسی انجام این کار در مخازن نفتی، شبیه‌سازی فرآیند سیلاب‌زنی با سورفکتانت است. تزریق سورفکتانت به مخزن به دو صورت پیوسته و توده‌ای انجام می‌پذیرد.

در این مقاله از شبیه‌ساز اکلیپس استفاده گردید و با استفاده از داده‌های سیال یکی از مخازن نفتی جنوب ایران، در ابتدا اثر تزریق آب به عنوان مورد پایه جهت مقایسه میزان کارایی روش سیلاب‌زنی با سورفکتانت در یک مدل سنتتیک بررسی شد. سپس غلظت‌های مختلف سورفکتانت در سیلاب‌زنی تزریقی به مخزن به صورت پیوسته بر روی مدل اجرایی گردید که در حالت سیلاب‌زنی پیوسته با غلظت ۳ درصد وزنی، ضریب بازیافت نفت ۹۲ درصد حاصل گردید. همچنین ضمن مقایسه روش تزریق توده‌ای، میزان ضریب بازیافت نفت و دبی تولیدی آب و نفت در غلظت‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده:

۹۴/۱۰/۹

تاریخ ارسال به داور:

۹۴/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش داور:

۹۴/۱۲/۱۶

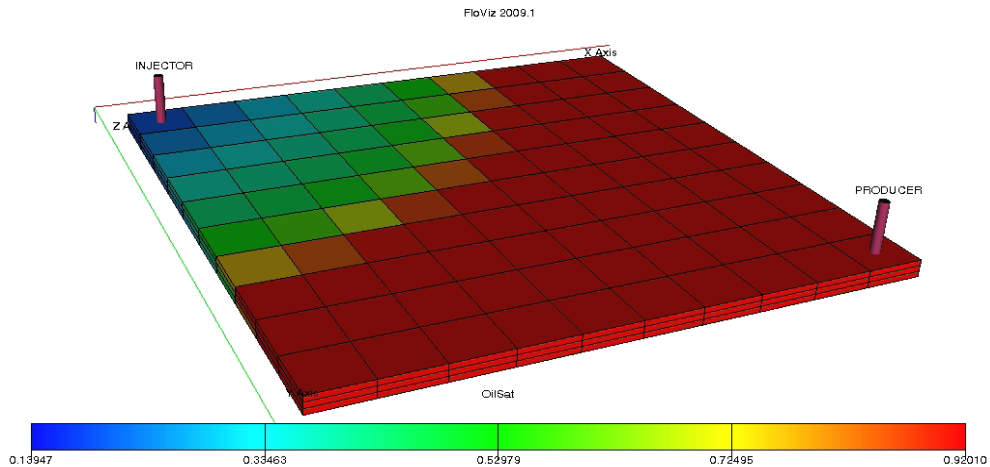
واژگان کلیدی:

شبیه‌سازی، سیلاب‌زنی سورفکتانت، ضریب بازیافت، تزریق پیوسته، تزریق توده‌ای

مقدمه

متعددی از جمله ارزیابی دقیق مشخصات سنگ مخزن قبل از انجام عملیات است، زیرا به دلیل طبیعت قطبی‌ای که این مواد دارند عموماً بر روی سطح سنگ مخزن به واسطه نیروی الکترواستاتیکی جذب می‌شوند. مولکول سورفکتانت حداقل دارای یک گروه هیدروفیلی و حداقل یک گروه هیدروفوبیک می‌باشد. قسمت هیدروفیلی همیشه سر و قسمت هیدروفوبیک (که زنجیر هیدروکربنی است) دم نامیده می‌شود. سورفکتانت‌ها به ۴ گروه آنیونی، کاتیونی، غیر یونی و آمفوتری تقسیم می‌شوند. طی مطالعات آزمایشگاهی، برداشت نفت از یکی از مخازن نفتی ایران به کمک تزریق سورفکتانت آنیونی بررسی شد که سورفکتانت با غلظت ۱۵۰۰ بخش بر میلیون بیشترین میزان برداشت نفت را دارا بود [۱]. سورفکتانت‌های آنیونی بیشتر از همه در فرآیندهای بازیافت نفت به کار می‌روند زیرا جذب آنها در ماسه‌سنگ‌ها و رس‌ها نسبتاً کم است و پایداری آنها خوب و قیمت آنها نسبتاً ارزان می‌باشد [۲]. مایسل تجمعی از ۵۰ مولکول سورفکتانت یا بیشتر است. غلظت مایسل بحرانی به عنوان کمترین غلظتی تعیین می‌شود که در بالاتر از آن مانومرها دسته‌ای می‌شوند تا مایسل‌ها را تشکیل دهند. در بالای آن، افزایش بیشتر غلظت سورفکتانت تنها باعث افزایش غلظت مایسل‌ها می‌شود. غلظت مایسل بحرانی یکی از مهم‌ترین کمیت‌ها برای یک محلول سورفکتانت است. کشش سطحی محلول آبی سورفکتانت خالص در فراسوی غلظت بحرانی تغییر زیادی نمی‌کند در حالی که قبل از

پس از تخلیه طبیعی مخازنی که جنس سنگ آن‌ها از نوع آب‌دوست است، در مرحله بازیافت ثانویه عموماً از روش آب‌روبی (سیلاب‌زنی با آب) استفاده می‌شود. پس از اتمام این مرحله باز هم مقداری نفت در نواحی جاروب شده باقی می‌ماند. این درجه از اشباع نفت مقداری است که در آن، نفوذپذیری نسبی نقطه‌ای انتهایی نفت به صفر می‌رسد. بنابراین نفت نمی‌تواند در این اشباع‌شدگی تولید گردد که این امر به دلیل کشش بین سطحی بالا در بین نفت و آب است. به عبارت دیگر نیروی حاصل از فشار موینگی در مقابل نیروی حاصل از فشار تزریق آب ایستادگی می‌کند و مانع از جریان یافتن نفت موجود در حفرات کوچک محیط متخلخل (و سایر نقاطی که شعاع انحنای زیادی دارند) می‌گردد. برای این منظور معمولاً از یک ماده فعال سطحی استفاده می‌شود که یکی از روش‌های ازدیاد برداشت نفت به شمار می‌رود. به کار بردن مواد فعال سطحی روشی برای غلبه بر به‌تله‌افتادن نفت باقی مانده به کمک کاهش کشش بین سطحی آب و نفت است. کاهش کشش بین سطحی آب - نفت باعث کاهش فشار موینه می‌شود و بنابراین اجازه می‌دهد که قطره نفت از میان حفرات کوچک و گلوگاه‌های محیط متخلخل نیز عبور نماید. به صورت تئوری، اشباع نفت باقی مانده می‌تواند حتی تا مقدار صفر هم کاهش یابد و منجر به بازیافت ۱۰۰ درصد نفت باقی مانده شود. درجه موفقیت فرایند سیلاب‌زنی با سورفکتانت وابسته به عوامل



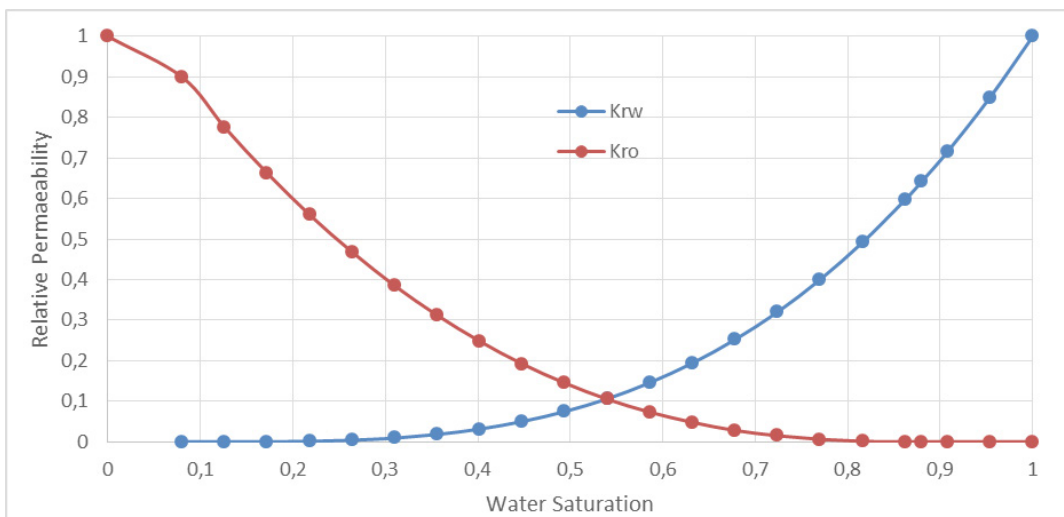
۱ | نمایی از مدل سینتتیک استفاده شده



۱-روش تحقیق

برای مطالعه شبیه‌سازی سیلاب‌زنی با سورفکتانت، یک بخش از مخزن ماسه‌سنگی A انتخاب گردید. ابعاد بلوک‌های مدل در راستای محورهای X و Y برابر ۵۰ متر و ضخامت هر لایه بالایی، میانی و پایینی در راستای محور Z یکسان و برابر با ۵ متر در نظر گرفته شد. این مدل سینتتیک به صورت لایه‌ای با سه لایه و به صورت شبکه ۳×۱۰×۱۰ آماده شد که جمعاً ۳۰۰ بلوک را به وجود آورد. برای پُر کردن این مدل دو سیال نفت و آب استفاده گردید. فشار اولیه مخزن ۲۷۷ بار در عمق مینا ۲۶۰۰ متری در نظر گرفته شد. سطح تماس آب نفت در عمق ۲۷۰۰ متری فرض گردید. سنگ مخزن عموماً از جنس ماسه سنگ با تراکم پذیری $10^{-5} \times 4/85$ بر بار در فشار ۲۷۷ بار با تخلخل ۲۰ درصدی با نفوذپذیری ۱۰۰ میلی‌داری

رسیدن به آن با افزایش غلظت سورفکتانت کشش سطحی به تدریج کاهش می‌یابد [۳]. سورفکتانت‌ها در شرایطی که آب مخزن حاوی غلظت بالای نمک باشد یا نفت مخزن اسیدی باشد تجزیه شده و بی اثر می‌شوند [۴]. همچنین یکی از مطالعات انجام شده، برنامه‌ای با نام سودمندسازی مخازن به کمک فناوری‌های پیشرفته است که از سال ۱۹۹۲ به مدت ۴ سال بر روی مخازن نفت و گاز دریای شمال صورت گرفت. سورفکتانت ماده شیمیایی گران قیمتی است که همین گران قیمتی باعث محدودیت در مصرف شده است. هرچند که افزایش نیاز به انرژی در کشورهای در حال پیشرفت مانند هند و چین به این معنی است که در آینده‌ای نه چندان دور پروژه‌های ازدیاد برداشت مانند سیلاب‌زنی با سورفکتانت در اکثر مخازن عملیاتی می‌شوند.



۲ | نمودار نفوذپذیری نسبی برحسب درجه اشباع آب



مشخصات آب و نفت مخزن در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. خواص نفت به کار رفته در شبیه‌سازی این مدل دارای دانسیته ۸۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب و درجه API گراویتی ۳۳ می‌باشد. برای شبیه‌سازی این مدل از شبیه‌ساز اکلیپس ۱۰۰ استفاده گردید. در ابتدا یک سناریوی سیلاب‌زنی با آب به مدت ۱۹۵۰ روز به صورت یک مطالعه پایه جهت مقایسه عملکرد سیلاب‌زنی با سورفکتانت بر روی مدل پیاده‌سازی گردید که ضریب برداشتی کمتر از ۷۵ درصد به دست آمد (شکل ۳). سپس برای تشخیص غلظت سورفکتانت در بهترین حالت ممکن جهت به دست آوردن بهترین ضریب بازیافت در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۲، و ۳ درصد وزنی، سیلاب‌زنی با سورفکتانت اجرایی گردید که بهترین حالت از نظر ضریب بازیافت، غلظت ۳ درصد تعیین گردید (شکل ۴). دبی نفت و آب تولیدی در حالت مقایسه غلظت‌های مختلف در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. در سناریوی سیلاب‌زنی پیوسته، مخزن پس از ۱۵۰ روز پیش‌شست‌وشو، به مدت ۱۸۰۰ روز با غلظت سورفکتانت ۳ درصد شست‌وشو گردید و در حالت توده‌ای پس از ۱۵۰ روز پیش‌شست‌وشو به مدت ۲۰۰ روز با غلظت سورفکتانت ۳ درصد (غلظت مشابه) گردید. در هر دو حالت پس از انجام شست‌وشو، به مدت ۱۶۰۰ روز با آب معمولی پس‌شست‌وشو صورت گرفت. در نهایت این دو حالت با هم مقایسه شدند (شکل ۷).

شکل‌های ۳ تا ۷ نشان می‌دهد با بالا بردن غلظت سورفکتانت می‌توان ضریب بازیافت بهتری را تجربه کرد. برای مثال ضریب بازیافت از ۷۳/۴۱ درصد در غلظت ۰/۱، به ۷۳/۷۹ درصد در

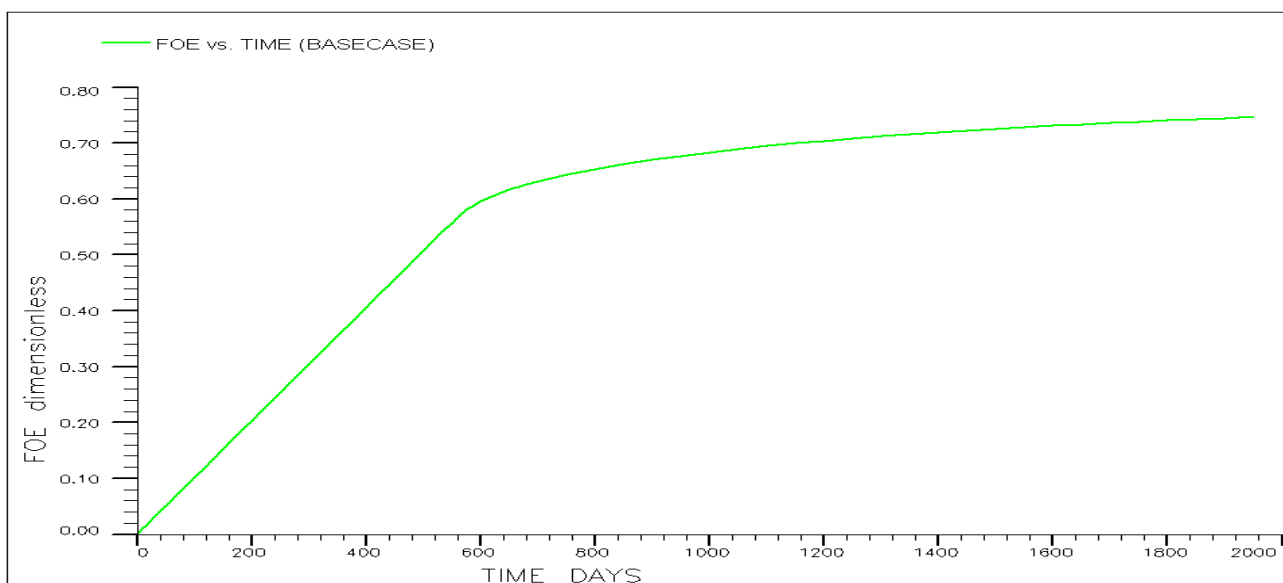
در راستای X و Y و همچنین ۵۰ میلی‌داری در راستای Z است. عمق سطح زمین تا سقف مخزن برابر ۲۶۰۰ متر فرض گردید. مدل دارای دو چاه شامل یک چاه تولیدی و یک چاه تزریقی است. مکان قرارگیری چاه‌ها در شکل ۱- نشان داده شده است. هر دو چاه در هر سه لایه مشبک کاری شده‌اند. چاه تولیدی با مُد کنترلی "نرخ تولید مایع حداکثر ۷۰۰ متر مکعب در روز" اقدام به تولید نفت می‌کند. چاه تزریقی نیز با همین نرخ، آب خالص یا حاوی سورفکتانت به مخزن تزریق می‌نماید. در شکل ۲- نفوذپذیری نسبی سیال مخزن نشان داده شده است.

۱ | خواص آب سازندی

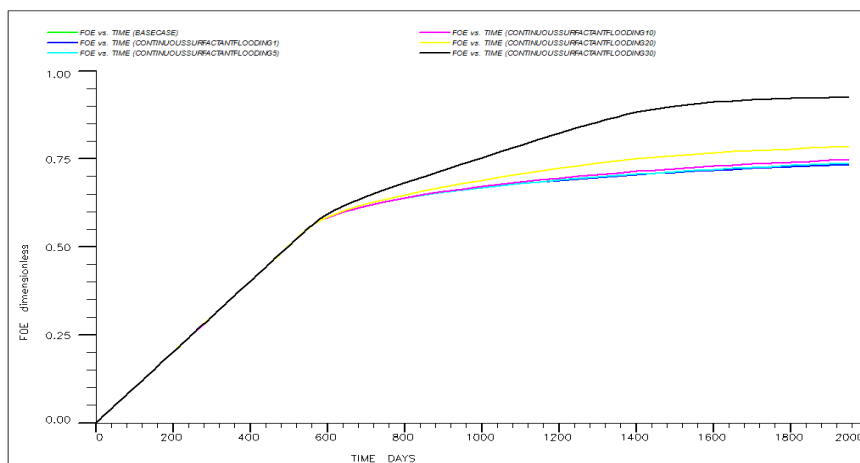
پارامتر	واحد	مقدار
تراکم‌پذیری	Bars ⁻¹	۴/۶×۱۰ ^{-۵}
ضریب حجمی آب سازندی	-	۱/۰۳
گران‌روی	Cp	۰/۳۱۸
چگالی	kg/m ^۳	۱۰۳۳

۲ | خواص نفت مخزن

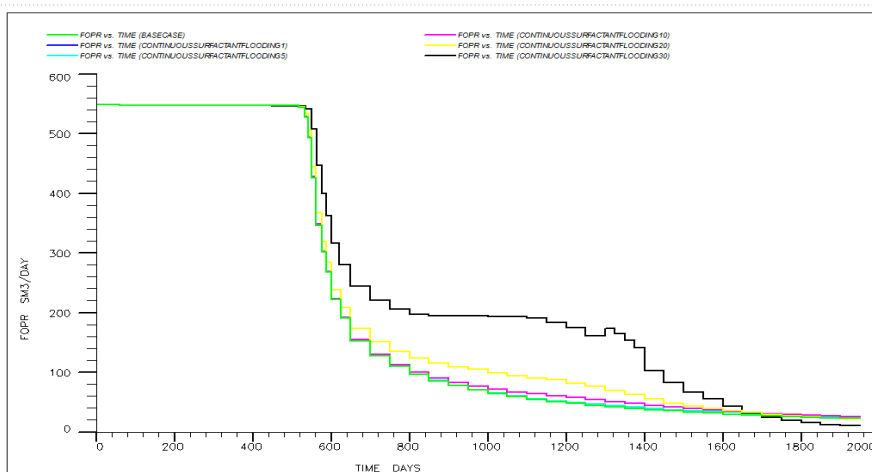
فشار نفت (bar)	ضریب انبساط حجمی نفت سازند	گران‌روی (cp)
۲۷۵	۱/۳۱۴	۰/۶۲۸
۳۰۰	۱/۳۰۸	۰/۶۴۷
۳۲۵	۱/۳۰۲	۰/۶۶۵



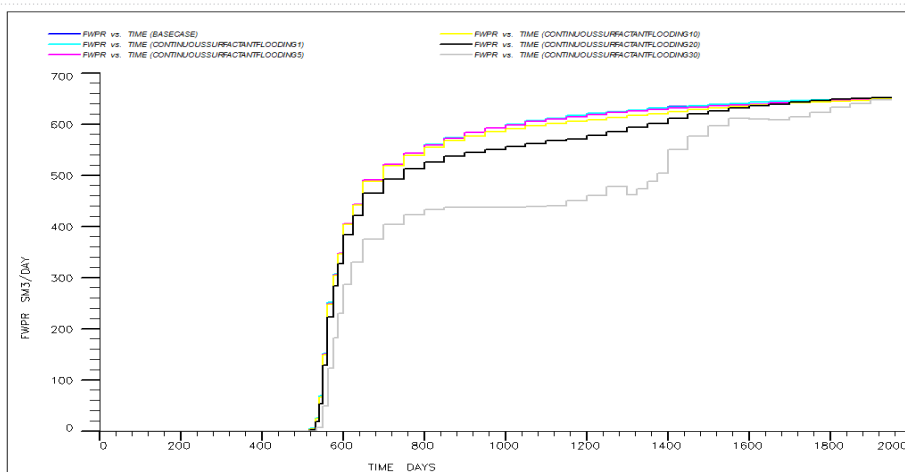
۳ | ضریب بازیافت نفت در حالت سیلاب‌زنی با آب



۴ | مقایسه ضریب بازیافت در غلظت‌های مختلف سورفکتانت

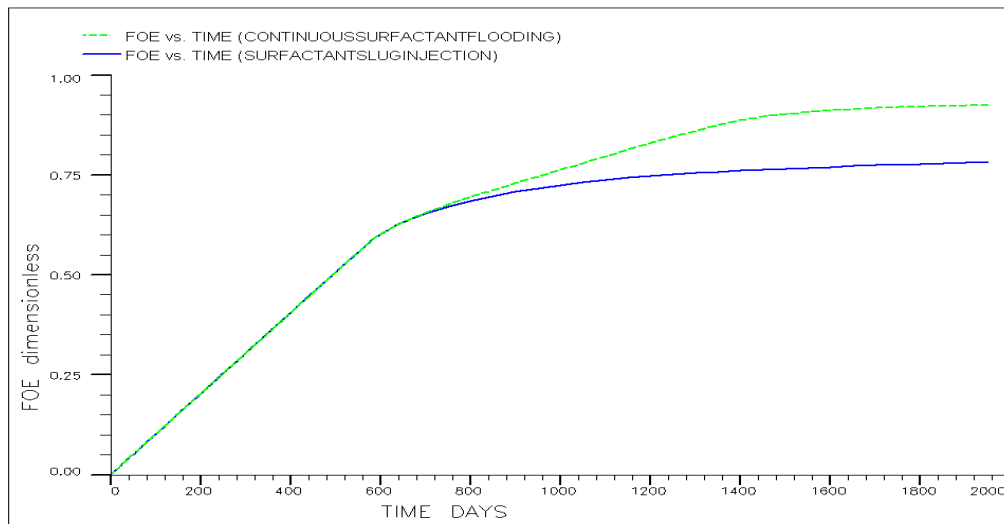


۵ | دبی نفت تولیدی در غلظت‌های مختلف تزریق سورفکتانت



۶ | دبی آب تولیدی در غلظت‌های مختلف تزریق سورفکتانت





۷ | مقایسه ضریب برداشت نفت در دو حالت تزریق پیوسته و توده‌ای سورفکتانت



۲- غلظت بهینه تزریق سورفکتانت در این مدل به میزان غلظت ۳ درصد وزنی به دست آمد.

۳- مدت زمان نسوخ آب در هر دو سناریوی سیلاب‌زنی با آب و سیلاب‌زنی با سورفکتانت یکسان است. نکته قابل توجه آنکه در سیلاب‌زنی پیوسته با سورفکتانت میزان برش و تولید آب کمتر از سناریوی سیلاب‌زنی با آب است؛ به عبارت دیگر، هنگامی که از فرایند سیلاب‌زنی با سورفکتانت استفاده می‌گردد، انتظار می‌رود آب کمتری تولید شود. بنابراین نیاز به تجهیزات تفکیک‌پذیری سطحی با ظرفیت پایین‌تری است. این به معنای کاهش هزینه‌ها در این بخش است. پیشنهاد می‌شود سیلاب‌زنی با سورفکتانت با غلظت ۳ درصد برای مخازن جنوب غرب ایران مورد آزمایش قرار گیرد.

غلظت ۰/۵ و ۷۴/۸ درصد برای غلظت ۱ و ۹۲/۵۴ درصد برای غلظت ۳ درصد وزنی سورفکتانت می‌رسد. شکل ۷- نشان می‌دهد که ضریب بازیافت از مخزن در فرایند سیلاب‌زنی توده‌ای با سورفکتانت در حدود ۷۸ درصد می‌باشد که معنی آن کاهش ۱۴ درصدی ضریب بازیافت نسبت به حالت سیلاب‌زنی پیوسته با سورفکتانت است.

نتیجه‌گیری

۱- ضریب بازیافت نفت مخزن از کمتر از ۷۵ درصد در سناریوی سیلاب‌زنی با آب به بیشتر از ۹۲ درصد در سیلاب‌زنی پیوسته و حدود ۸۰ درصد در سیلاب‌زنی توده‌ای با سورفکتانت رسید.

منابع

۱- دبیری امین؛ کبراپور عبدالله قهفرخی؛ معینی جزنی امید و انگنائی حجت‌ا...، بررسی آزمایشگاهی ازدیاد برداشت نفت از یکی از مخازن نفتی ایران به وسیله تزریق سورفکتانت آنیونی، دومین همایش ملی نفت، گاز و پتروشیمی، گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گچساران. ۱۳۹۱.

[2] Akstinat. Surfactants for EOR Process in High-Salinity Systems: Product Selection and Evaluation. Enhanced Oil Recovery. 1981.
[3] Miller, Clarence A, and Partho Neogi. Interfacial phenomena. 17.

Schramm, Laurier L. 2000. Surfactants: fundamentals and applications in the petroleum industry: Cambridge University Press. 1985

[4] Green, D.W., and G.P. Willhite. Enhanced Oil Recovery: Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME, Society of Petroleum Engineers. 1998.