

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

دوره ترمین

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



بررسی سیلابزنی با بخار - دی اکسید کربن - فوم بر بازیافت از مخازن نفت نیمه سنگین

حامد نجاتیان دارایی^۱، کارشناس ارشد مهندسی مخازن هیدروکربوری، اقبال صحرایی^۲، دکترای
مهندسی نفت، استادیار دانشگاه صنعتی سهند تبریز، الناز خداپناه^۳، دکترای مهندسی شیمی، استادیار
دانشگاه صنعتی سهند تبریز

چکیده

در این مقاله به بررسی اثر سیلابزنی با بخار - دی اکسید کربن - فوم (SCF⁴) بر بازیافت از مخازن نفت نیمه سنگین پرداخته شده است. فشار 1550psig و دمای 55°C به عنوان شرایط مخزن در نظر گرفته شده است. مدل ماسه فشرده شده به عنوان محیط متخلخل مورد استفاده قرار گرفته است. چهار سناریوی سیلابزنی شامل سیلابزنی با بخار - آب، سیلابزنی با دی اکسید کربن - فوم، سیلابزنی با SCF همراه با پیش رانش و بدون پیش رانش مورد بررسی قرار گرفته شده اند. نتایج نشان می دهد که سیلابزنی با SCF به علت اثرات همزمان کاهش ویسکوزیته نفت نیمه سنگین توسط بخار، کاهش ویسکوزیته نفت نیمه سنگین در اثر حل شدن CO₂ در نفت، کاهش تحرک دی اکسید کربن، دارای بازیافت به مراتب بالاتری نسبت به دیگر سناریوهای سیلابزنی می باشد. همچنین اثر پیش رانش بر بازیافت نفت در طی سیلابزنی با SCF مورد بررسی قرار گرفته شده است.

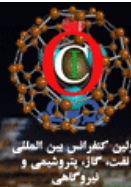
واژه های کلیدی: ازدیاد برداشت نفت - مخازن نفت نیمه سنگین - دی اکسید کربن - فوم - بخار

¹ دانشگاه صنعتی سهند تبریز، H_nejatian@sut.ac.ir

² دانشگاه صنعتی سهند تبریز، Sahraei@sut.ac.ir

³ دانشگاه صنعتی سهند تبریز، Khodapanah@sut.ac.ir

⁴ Steam-CO₂-Foam



1- مقدمه

در سالیان اخیر روش های مختلفی برای بهبود بازیافت نفت از مخازن نفت سنگین و نیمه سنگین مورد بررسی قرار گرفته شده است. در این مخازن به علت ویسکوزیته ی بالای نفت، مکانیسم های تولید طبیعی و حتی سیلابزنی با آب عموماً به بازیافت نهایی پایین منجر می شود. سیلابزنی با مواد فعال کننده سطحی در این مخازن با ایجاد امولسیون های آب در نفت یا نفت در آب به بازیافت نفت کمک می کند [1]. اما سیلابزنی با این مواد در مخازن نفت سنگین و نیمه سنگین مستلزم حجم بالایی از مواد فعال کننده سطحی می باشد که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. استفاده از پلیمر نیز به طور موثری باعث بهبود نسبت تحرک سیال تزریقی و نفت می شود [2]. اما این روش مستلزم فشار بالای تزریق می باشد که آن را به مخازن با عمق بالا به منظور جلوگیری از شکست سازند محدود می کند [3]. تزریق CO₂ عموماً یک روش ازدیاد برداشت از مخازن نفت سبک است. علت این امر امتزاج پذیری سریع CO₂ با نفت های سبک می باشد. در مخازن نفت سنگین و نیمه سنگین به علت اختلاف دانسیته و ویسکوزیته بالای بین CO₂ و نفت، سیلابزنی با CO₂ دارای راندمان جارویی پایینی می باشد. علاوه بر این به علت ترکیبات سنگین این نوع نفت ها، امکان دست یابی به امتزاج پذیری در فشارهای پایین وجود ندارد. تزریق هم زمان دی اکسید کربن همراه با ماده فعال کننده سطحی با ایجاد فوم باعث کاهش تحرک CO₂ می گردد. با وجود کاهش تحرک CO₂ در طی تزریق هم زمان با ماده فعال کننده سطحی، به علت بالا بودن ویسکوزیته ی نفت های سنگین و نیمه سنگین، باز هم راندمان جارویی ضعیف است. بنابراین کاهش ویسکوزیته ی نفت برای بهبود راندمان جارویی فرآیند دی اکسید کربن- فوم ضروری است. طبق بررسی های شوبائو تیان⁵ و همکارانش (2008) تزریق هم زمان CO₂، ماده فعال کننده سطحی و بخار باعث بهبود بازیافت نسبت به تزریق هم زمان CO₂ و ماده فعال کننده سطحی می گردد [4]. اما تزریق هم زمان بخار با مواد فعال کننده سطحی مستلزم مواد فعال کننده سطحی با مقاومت دمایی بالا می باشد. علاوه بر این، CO₂ در فشارهای بالاتر از 1500psig به صورت یک سیال متراکم عمل می کند که باعث اتلاف حرارتی بخار می گردد [5]. در روش نوین سیلابزنی با SCF ابتدا بخار به منظور کاهش ویسکوزیته نفت نیمه سنگین تزریق می گردد، سپس در ادامه فرآیند جابجایی توسط سیلابزنی با دی اکسید کربن- فوم انجام می گیرد. بنابراین در این روش بدون نیاز به مواد فعال کننده سطحی با مقاومت دمایی بالا، حرارت بیشتری به نفت مخزن منتقل گردیده و راندمان جارویی دی اکسید کربن- فوم افزایش می یابد؛ که به بازیافت نهایی بیشتر از مخازن نفت سنگین و نیمه سنگین منجر می گردد.

2- روش آزمایشگاهی

2-1- سیالات

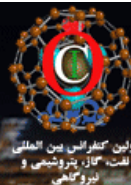
جدول (1) خصوصیات نفت مورد استفاده در آزمایش ها را نشان می دهد. از آب نمک با غلظت 10000ppm حاوی NaCl:CaCl₂ به نسبت 2:1 به عنوان آب سازندی استفاده شده است. ماده فعال کننده سطحی مورد استفاده در آزمایش ها SDS⁶ می باشد. در جدول (2) فرمولاسیون محلول های مورد استفاده شده ذکر گردیده شده است.

جدول 1- خصوصیات نفت مورد استفاده شده

API	Viscosity (cp) at 25 °C	SG
19	232	0,94

⁵ Shubao Tian

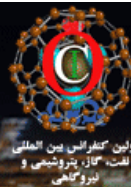
⁶ Sodium Dodecyl Sulfate



	آزمایش 1	آزمایش 2	آزمایش 3	آزمایش 4
تخلخل (/)	32	30	31	31/5
تراوایی (md)	133	124	120	137
دبی جریان CO ₂	-	0/24 cc/min	0/24 cc/min	0/24 cc/min
دبی جریان محلول ماده فعال کننده سطحی	-	0/16 cc/min	0/16 cc/min	0/16 cc/min
دبی تزریق بخار	0/4 cc/min	-	0/4 cc/min	0/4 cc/min

برای انجام آزمایش سیلابزنی از مغزه نگهدار فولادی با قطر 5cm و طول 15/7cm استفاده شده است. با متراکم کردن ماسه سیلیسی با دانه بندی 60 تا 200 مش در درون مغزه نگهدار، محیطهای متخلخل مورد استفاده، فراهم شده است. مشخصات محیطهای متخلخل مورد استفاده در جدول (2) آمده است.

جدول 2- شرایط آزمایشات

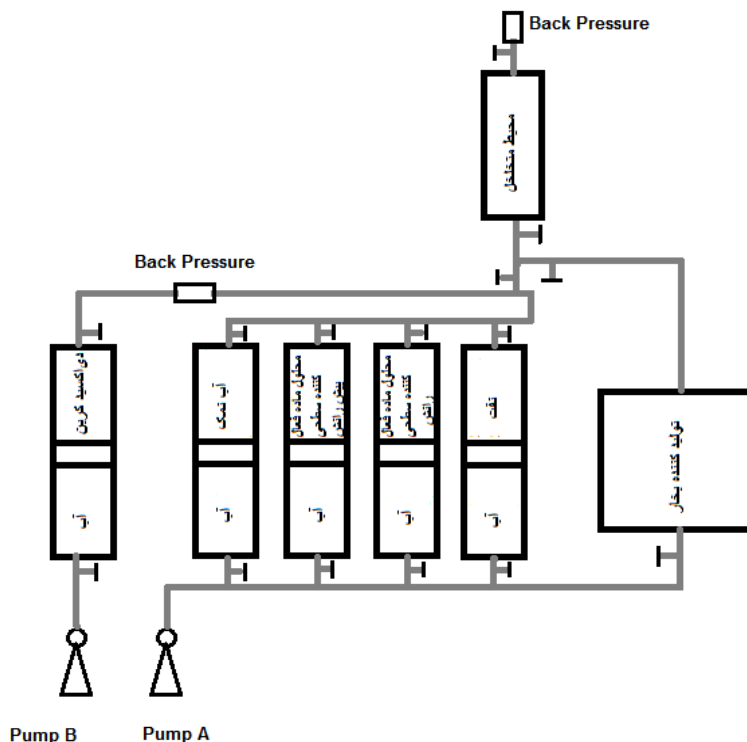
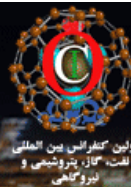


دبی تزریق آب نمک	0/4 cc/min	-	-	-
غلظت ماده فعال کننده سطحی در پیش رانش	-	-	-	2 wt%
غلظت ماده فعال کننده سطحی در رانش	-	1 wt%	1 wt%	1 wt%
غلظت آب نمک در پیش رانش	-	-	-	1500ppm
ترکیب آب نمک در پیش رانش	-	-	-	NaCl:CaCl ₂ 2:1
غلظت آب نمک در رانش	10000ppm	600ppm	600ppm	600ppm
ترکیب آب نمک در رانش	NaCl:CaCl ₂ 2:1	NaCl:CaCl ₂ 2:1	NaCl:CaCl ₂ 2:1	NaCl:CaCl ₂ 2:1
کیفیت بخار	بالا	-	بالا	بالا
کیفیت فوم	-	60 درصد	60 درصد	60 درصد

3-2- تجهیزات و روش آزمایش

در شکل (1) نمایی از تجهیزات مورد استفاده در طی آزمایش‌ها نشان داده شده است. ماده فعال کننده سطحی، آب نمک، دی‌اکسید کربن و نفت درون انباشتگرها با استفاده از پمپ‌های متصل به زیر انباشتگرها به درون سیستم تزریق می‌شوند. به منظور تثبیت دبی تزریق CO₂، بر روی خط تزریق CO₂ یک تثبیت کننده فشار (back pressure) در فشار 1560 psig نصب شده است. در طی تزریق SCF ابتدا بخار تزریق می‌شود؛ سپس برای تزریق هم‌زمان CO₂ و ماده فعال کننده سطحی در طی فرآیند دی‌اکسید کربن- فوم از دو پمپ متصل به انباشتگرهای محلول فعال کننده سطحی و CO₂ استفاده می‌گردد.

Archived at SID



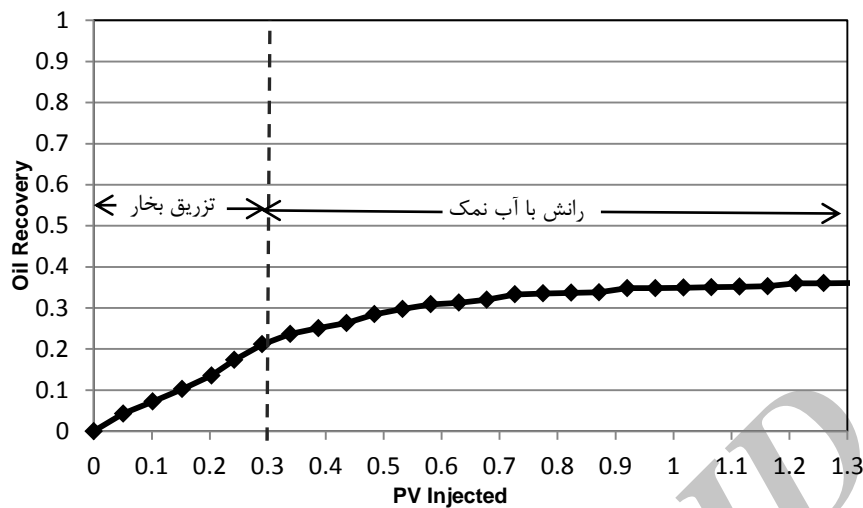
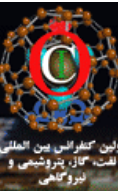
شکل 1- نمایی از تجهیزات مورد استفاده شده در آزمایش‌ها

3- شرح آزمایش

در آزمایش اول اثر تزریق بخار، در آزمایش دوم اثر سیلابزنی با دی‌اکسید کربن- فوم، و در آزمایش‌های سوم و چهارم اثر سیلابزنی با SCF بر ازدیاد برداشت مورد بررسی قرار گرفته شده است. همچنین اثر پیش رانش با محلول ماده فعال کننده سطحی با غلظت بالا در آزمایش‌های سوم و چهارم مورد بررسی قرار گرفته است.

3-1- آزمایش اول: سیلابزنی با بخار- آب نمک

در این آزمایش به منظور کاهش هزینه‌های سیلابزنی پس از تزریق 0/3 PV بخار فرآیند رانش با آب نمک ادامه یافته است. در این حالت توده‌ی بخار تزریقی با کاهش ویسکوزیته‌ی نفت باعث بهبود فرآیند رانش با آب نمک می‌شود. به علت میان شکن شدن سریع آب نمک در نتیجه‌ی ویسکوزیته‌ی بالای نفت، فرآیند سیلابزنی با بخار- آب نمک دارای راندمان جارویی ضعیفی می‌باشد، که به بازیافت پایین از این نفت نیمه سنگین منجر می‌گردد. میزان نفت بازیافت شده در طی آزمایش اول در شکل (2) نشان داده شده است.



شکل 2- باز یافت نفت بر حسب حجم تزریقی در طی سیلابزنی با بخار- آب نمک

3-2- آزمایش دوم: سیلابزنی با دی اکسید کربن - فوم

با وجود مشخصات مطلوب CO_2 برای رسیدن به امتزاج پذیری دینامیکی با نفت تحت شرایط مخزن، اغلب فرآیندهای سیلابزنی با CO_2 دارای راندمان جاروبی ضعیفی است. نیاز به کنترل تحرک در طی سیلابزنی با گاز منجر به بررسی فرآیندهای فوم که شامل تزریق گاز با محلول مواد فعال کننده سطحی است شد. اصطلاح فوم عبارت است از پخش گاز در یک مایع که فازتر فاز پیوسته و فاز گاز به وسیله فیلم مایع ناپیوسته می گردد. مفهوم استفاده از فوم برای کنترل تحرک ابتدا به وسیله باند⁷ و هالبروک⁸ حق امتیاز⁹ دریافت نمود [6]. اولین تحقیق بر روی مکانیسم فرآیند رانش فوم به وسیله فرآید¹⁰ انجام گرفت و در سال 1961 گزارش شد [7].

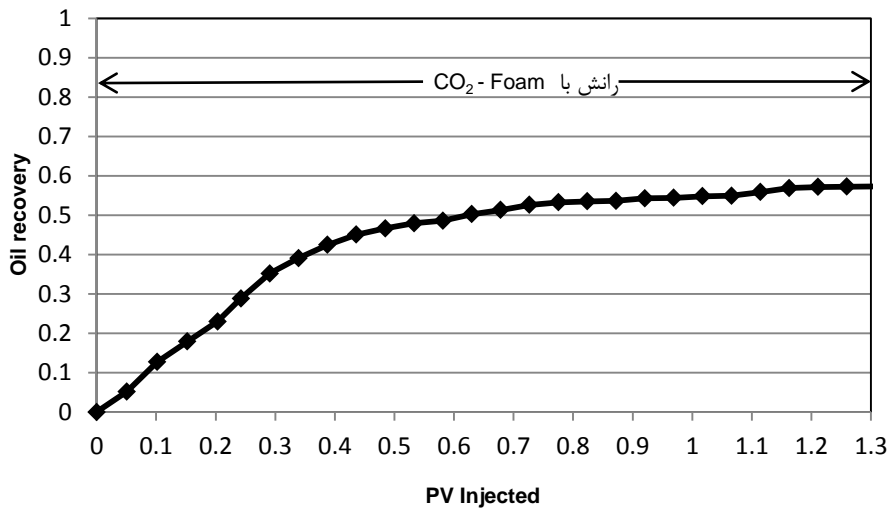
در این آزمایش اثر تزریق همزمان CO_2 و محلول ماده فعال کننده سطحی بر ازدیاد برداشت از این نفت نیمه سنگین مورد بررسی قرار گرفته است. شرایط این آزمایش در جدول (2) آمده است. همان طور که در شکل (3) نشان داده شده، به علت ایجاد افت فشار بالا در طی تزریق همزمان CO_2 و محلول فعال کننده سطحی و همچنین ایجاد میکرو امولسیون ها میزان باز یافت نهایی در اثر سیلابزنی با دی اکسید کربن- فوم به 57/5 درصد می رسد. با این حال با وجود کاهش تحرک CO_2 در طی سیلابزنی با دی اکسید کربن- فوم، به علت بالا بودن ویسکوزیته ای این نفت نیمه سنگین باز هم راندمان جاروبی چندان مطلوب نمی باشد.

⁷ Bond

⁸ Holbrook

⁹ Patent

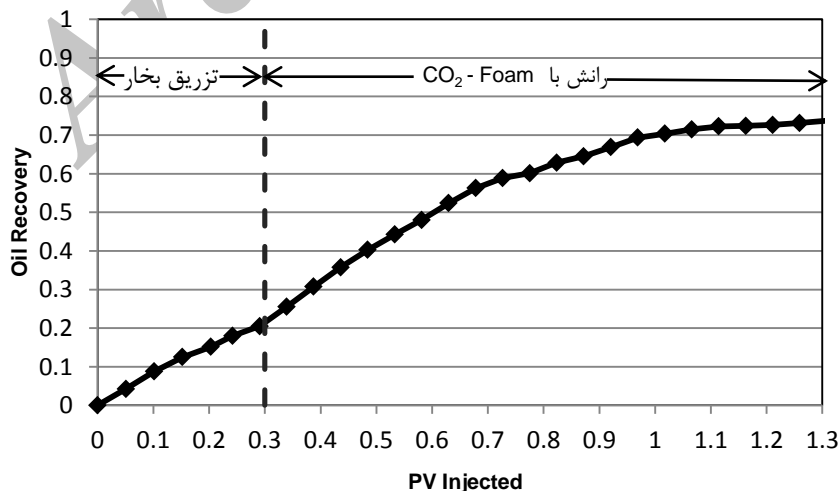
¹⁰ Fried



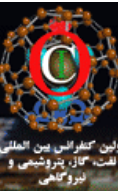
شکل 3- بازیافت نفت بر حسب حجم تزریقی در طی سیلابزنی با دی اکسید کربن - فوم

3-3- آزمایش سوم: سیلابزنی با SCF بدون پیش رانش

در این آزمایش قبل از سیلابزنی با دی اکسید کربن فوم $0/3$ PV بخار تزریق شده، سپس فرآیند رانش با تزریق همزمان CO_2 و محلول فعال کننده سطحی با غلظت 1 درصد وزنی و شوری 1500ppm ادامه یافته است. شرایط آزمایش در جدول (2) ذکر شده است. همان طور که در شکل (4) نشان داده شده، در اثر سیلابزنی با SCF میزان بازیافت نهایی به $73/8$ درصد می رسد. با تزریق بخار قبل از سیلابزنی با دی اکسید کربن- فوم ویسکوزیته نفت کاهش می یابد که به افزایش راندمان جاروبی دی اکسید کربن- فوم کمک می کند. علاوه بر این با تزریق بخار پیش از سیلابزنی با دی اکسید کربن- فوم به علت کاهش ویسکوزیته نفت سنگین امکان ایجاد امولسیون های آب در نفت یا نفت در آب افزایش می یابد، که این امولسیون ها دارای ویسکوزیته ی به مراتب بالاتری از نفت می باشند که به افزایش راندمان جاروبی کمک می کنند.

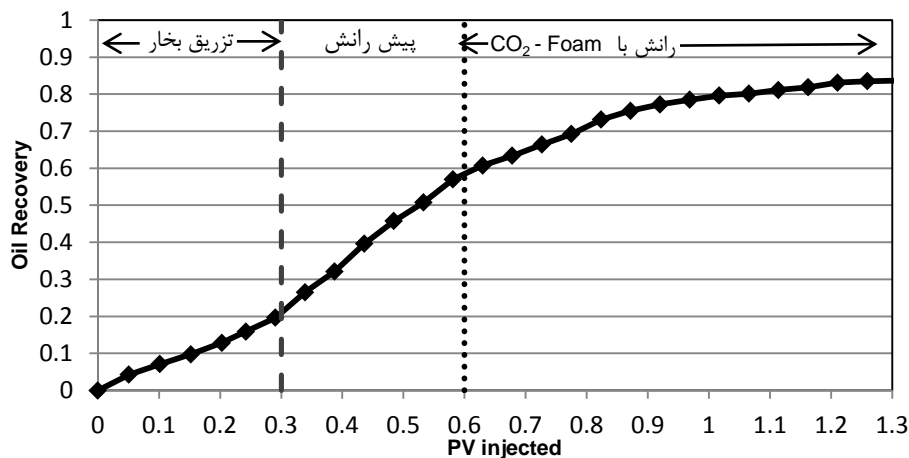


شکل 4- بازیافت نفت بر حسب حجم تزریقی در طی سیلابزنی با SCF بدون پیش رانش



3-4- آزمایش چهارم: سیلابزنی با SCF همراه با پیش رانش

پس از تزریق بخار، دما در جبهه‌ی تزریق بخار افزایش می‌یابد. همچنین در این ناحیه به علت میعان بخار، درصد اشباع آب افزایش می‌یابد. مواد فعال کننده سطحی با افزایش دما هیدرولیز شده و خواص خود را از دست می‌دهند. با افزایش نسبت آب در محلول فعال کننده سطحی، فوم ایجاد شده ناپایدار شده که منجر به میان شکنی سریع CO_2 و کاهش بازیافت می‌شود. برای کاهش این اثر نامطلوب، می‌توان غلظت محلول فعال کننده سطحی را تا حدی افزایش داد. در این آزمایش پس از تزریق 0/3 PV بخار، 0/3 PV دی‌اکسید کربن و محلول فعال کننده سطحی با غلظت 2 درصد وزنی و شوری 1500 ppm به طور هم‌زمان تزریق شده است، سپس فرآیند رانش با تزریق هم‌زمان CO_2 و محلول ماده فعال کننده سطحی با غلظت 1 درصد وزنی و شوری 600 ppm ادامه یافته است. همان‌طور که در شکل (5) نشان داده شده است در این حالت میزان نفت بازیافتی به 83/88 درصد نفت درجای اولیه می‌رسد.



شکل 5- بازیافت نفت بر حسب حجم تزریقی در طی سیلابزنی با SCF همراه با پیش رانش

4- نتایج

1. در سیلابزنی طی فرآیند دی‌اکسید کربن- فوم، به علت کاهش تحرک CO_2 در نتیجه‌ی تشکیل فوم در محیط متخلخل و همچنین تسهیل انحلال CO_2 در نفت، میزان نفت بازیافتی 57/5 درصد رسید که این مقدار 21/2 درصد نسبت به فرآیند سیلابزنی با بخار- آب‌نمک افزایش یافته است.
2. در سیلابزنی طی فرآیند SCF، به علت اثرات هم‌زمان کاهش ویسکوزیته نفت توسط بخار، کاهش ویسکوزیته نفت در اثر حل شدن CO_2 در نفت، و کاهش تحرک CO_2 ناشی از تشکیل فوم، میزان نفت بازیافتی به 73/8 درصد رسید که نسبت به سناریوهای سیلابزنی با بخار- آب‌نمک و دی‌اکسید کربن- فوم، به مراتب بالاتر می‌باشد.

3. کاربرد پیش رانش در فرآیند SCF با کاهش اثر نامطلوب دما، کاهش اثر رقیق شدن و جذب ماده فعال کننده سطحی بر سطح سنگ، به تشکیل فوم پایدار و افزایش بازیافت نفت کمک می‌کند. در این حالت میزان نفت بازیافتی به 83/88 درصد رسید که نسبت به سناریوی سیلابزنی با SCF بدون پیش رانش 10 درصد افزایش یافته است.

منابع

- [1] J. Bryan and A. Kantzas.: "Enhanced Heavy-Oil Recovery by Alkali-Surfactant Flooding," SPE 110738, (2007).
- [2] Zaitoun, A., Tabary, R., Fossey, J.P and Boyle, T.: "Implementing a Heavy-Oil Horizontal-Well Polymer Flood in Western Canada". Seventh UNITAR International Conference on Heavy Crude and Tar Sands. Beijing, China, International Centre for Heavy Hydrocarbons, No. 1998.191, (1998).
- [3] Wang, J. and Dong, M.: "Optimum Effective Viscosity of Polymer Solution for Improving Heavy Oil Recovery," Petroleum Science and Engineering Vol. 67(No 3-4): 155-158, (2009).
- [4] Shubao Tian and Shunli He.: "Investigating the Effect of Steam, CO₂, and Surfactant on the Recovery of Heavy Oil Reservoirs," International Thermal Operations and Heavy Oil Symposium, 20-23 October 2008, Calgary, Alberta, Canada, SPE 117394-MS, (2008).
- [5] Y. Liu, R.B. Grigg and R.K. Svec.: "Foam Mobility and Adsorption in Carbonate Core," SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, 22-26 April 2006, Tulsa, Oklahoma, USA, SPE 99756-MS, (2006).
- [6] Bond, D.C and Holbrook, O.C.: "Gas Drive Oil Recovery Process," U.S Patent No. 2,866,507 (Dec. 1958).
- [7] Fried, A.N: "The Foam Drive Process for Increasing the Recovery of Oil," Report RI-5866, U.S. Bureau of Mines, Washington, DC (1961).

Archive of SID

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو
بین المللی و ترند های جستجو