

بررسی آزمایشگاهی تأثیر سورفاکتنت طبیعی (عصاره برگ درخت زالزالک) بر میزان تحرک پذیری و ازدیاد برداشت نفت در مخازن کربناته

عبدالرحمن مغانی^{*}، ابودر صادقی، دانشگاه صنعت نفت آبادان ■ علی رحیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه

چکیده

استفاده از تزریق شیمیایی برای افزایش بازیافت در مخازن نفتی در دهه‌های اخیر بسیار رواج داشته است. اما این مواد هرچند در تغییر ترشوندگی و کاهش نیروی کشش بین سطحی آب و نفت موثر بوده‌اند ولی هزینه‌ی بالای آنها و آسیب‌هایی که بر محیط‌زیست وارد می‌کنند، همواره دغدغه‌ی اصلی صنعتگران بوده است. در این مطالعه هدف اصلی، بررسی تأثیر سورفاکتنت طبیعی عصاره‌ی برگ درخت زالزالک بر روی تحرک‌پذیری سیالات مخزن و همچنین، ازدیاد برداشت نفت می‌باشد. برای این کار غلظت‌های مختلفی از این سورفاکتنت با آب سازندی تهیه گردید. با استفاده از تست pH و هدایت‌سنجی، غلظت بحرانی محلول مشخص شد. تزریق در مغزه‌ی کربناته با استفاده از غلظت بحرانی سورفاکتنت انجام شد. نتایج به‌دست آمده در قالب منحنی‌های بازیافت نفت، افت فشار در طول مغزه و جریان جزئی ارائه گردیدند. بعد از آنالیز این منحنی‌ها، مشخص شد که این سورفاکتنت تأثیر بالایی در افزایش بازیافت نفت، تشکیل امولسیون و کاهش اشباع نفت باقی‌مانده در مغزه داشته است. لذا استفاده از این سورفاکتنت طبیعی به‌دلیل کم‌هزینه بودن و سازگار بودن با محیط‌زیست، می‌تواند گزینه‌ای خوب برای تحقیقات عملیاتی در حوزه‌ی بالادستی صنعت نفت باشد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۸/۰۲/۱۳

تاریخ ارسال به داور: ۹۸/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش داور: ۹۸/۰۵/۱۸

واژگان کلیدی:

سورفاکتنت طبیعی، تحرک‌پذیری، ازدیاد برداشت، جریان جزئی، سیلاب‌زنی.

مقدمه

کربناته با استفاده از دو سورفاکتنت طبیعی عصاره‌ی برگ درخت سدر^۱ و رزماری^۲ کار کردند و مشاهده کردند که هر دو سورفاکتنت در افزایش میزان بازیافت نفت موثر بودند، به طوری که سورفاکتنت عصاره‌ی سدر میزان بازیافت نفت در جای مخزن را ۱۵/۴۹ درصد و سورفاکتنت عصاره‌ی رزماری میزان بازیافت نفت را ۱۲/۳۹ درصد افزایش داد[۴].

پوردل و همکاران در سال ۲۰۱۲ از عصاره‌ی حنا برای ازدیاد برداشت نفت استفاده کردند. آنها این ماده را خصوصاً برای کاهش نیروی کشش بین‌سطحی آب و الکل به کار بردند. نتایج تحقیقات آنها نشان از تأثیر بالای این ماده در کاهش نیروی کشش بین‌سطحی آب و الکل داشت[۵].

امیرپور در سال ۲۰۱۳ با استفاده از چهار سورفاکتنت سی‌تَب^۳، اس‌دی‌اس^۴، تریتون‌ایکس^۵ ۱۰۰ و عصاره‌ی برگ درخت سدر تغییرات ترشوندگی در سنگ‌های کربناته و همچنین افزایش بازیافت نفت در این مخازن با استفاده از تزریق سورفاکتنت را مورد بررسی قرار داد. او در مطالعه‌ی خود از دو مغزه‌ی کربناته و یک مغزه‌ی ماسه‌سنگی استفاده کرد. مغزه‌های کربناته از میدان‌های آزادگان و بینک انتخاب شدند و مغزه‌ی ماسه‌سنگی از میدان اهواز انتخاب شد. امیرپور تغییرات ترشوندگی را با استفاده از دو روش کمی زاویه‌ی تماس و روش USBM مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل از این مطالعه در جدول ۱- آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود میزان نفت باقی‌مانده در مغزه‌های مورد استفاده با استفاده از هر چهار سورفاکتنت

باتوجه به اینکه به کمک روش‌های طبیعی و ثانویه تنها می‌توان ۳۵ درصد نفت در جای مخزن را تولید کرد و ۶۵ درصد آن دست نخورده بر جای می‌ماند، استفاده از روش‌های ازدیاد برداشت نفت بسیار حیاتی به‌نظر می‌رسد[۱].

سیلاب‌زنی پرکاربردترین روش ثانویه تولید نفت در مخازن در خشکی و دریا به‌شمار می‌رود. با این حال وقتی اشباع آب در ناحیه‌ی متخلخل مخزن افزایش می‌یابد، در اثر نیروی موئینگی، نفت موجود در گلوگاه‌ها بلوکه می‌شود و نمی‌تواند به سمت چاه تولیدی حرکت کند. در نتیجه‌ی این فرایند، میزان بازیافت نفت کاهش پیدا می‌کند. برای غلبه بر این فرایند استفاده از سورفاکتنت‌های شیمیایی و طبیعی می‌تواند موثر باشد؛ زیرا سورفاکتنت‌ها با کاهش نیروی کشش بین‌سطحی سیالات و همچنین تغییر دادن ترشوندگی سنگ باعث می‌شوند که نیروی موئینگی در فضای متخلخل کاهش یابد و نفت بتواند به حرکت درآید[۲].

تزریق سورفاکتنت یکی از روش‌های ازدیاد برداشت نفت است که به دلیل خاصیت سورفاکتنت می‌تواند تأثیر بالایی در افزایش بازیافت نفت داشته باشد. از بزرگ‌ترین معایب استفاده از سورفاکتنت‌ها قیمت بالای آنهاست و با توجه به اینکه در حجم بسیار بزرگی باید تزریق شود، در خیلی از موارد مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشند[۳].

شاد‌ی زاده و دیمه در سال ۲۰۱۱ بر روی ازدیاد برداشت نفت در مخازن

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (R.Moghani@put.ac.ir)

روش اشباع خودبه‌خودی بهره بردند. نتایج کار آنها به این صورت بود که این سورفاکتنت در غلظت ۴ درصد وزنی قادر بود بازیافت نفت را تا ۱۰ درصد افزایش داده و همچنین ترشوندگی سطح مغزه را از نفت‌دوست به میانه تبدیل کند [۱۰].

امروزه در بسیاری از کشورهای صاحب صنعت نفت استفاده از روش‌های ازدیاد برداشت نفت برای تولید نفت باقی‌مانده در مخزن بسیار رواج یافته است. دلیل این امر به کافی نبودن انرژی طبیعی مخزنی برای تولید و همچنین کم بازده بودن روش‌های ثانویه است. در بسیاری از تحقیقات انجام شده در دهه‌ی گذشته، از مواد شیمیایی برای تزریق در مخازن نفتی و ازدیاد برداشت استفاده شده است. در این مطالعه می‌خواهیم سورفاکتنت طبیعی جدیدی را معرفی کنیم که در صورت کارآمد بودن، به‌دلیل وفور آن در منطقه‌ی خاورمیانه و کشور ایران، می‌تواند از لحاظ اقتصادی بسیار مناسب باشد. همچنین از لحاظ زیست‌محیطی نیز کمترین اثر منفی را داشته باشد. هدف این مطالعه بررسی تأثیر عصاره‌ی برگ درخت زالزالک بر تغییرات ترشوندگی و همچنین ازدیاد برداشت مخازن کربناته می‌باشد. برای نیل به این هدف، آزمایش‌ها و ارزیابی‌های زیر انجام می‌شوند:

- تست هدایت‌سنجی و pH برای تعیین غلظت بحرانی محلول
- تست اندازه‌گیری تخلخل و نفوذپذیری مطلق مغزه
- اندازه‌گیری زاویه‌ی تماس به‌منظور بررسی تغییرات ترشوندگی
- تزریق سورفاکتنت در غلظت بحرانی به مغزه‌ی کربناته و بررسی میزان ازدیاد برداشت نفت

۱- روش کار و مواد مورد استفاده ۱-۱- فاز نفتی

نفت‌خام مورد استفاده در این مطالعه از سازند سروک در میدان X تهیه شده است. مشخصات نفت سازند در جدول ۲ آورده شده است.

به میزان قابل‌توجهی کاهش یافته است. همچنین طبق نتایج حاصل از اندازه‌گیری زاویه‌ی تماس، هر چهار سورفاکتنت توانایی تغییر ترشوندگی از نفت‌دوست به آب‌دوست را داشتند، اما سورفاکتنت طبیعی عصاره‌ی سدر تأثیرگذارتر از بقیه بود [۶].

احمدی و همکاران در سال ۲۰۱۳ از عصاره‌ی برگ درخت بلوبری به‌عنوان سورفاکتنت استفاده کردند و نتایجی که به آن دست یافتند به این صورت بود که این سورفاکتنت درمقدار یک درصد وزنی قادر بود نیروی کشش بین‌سطحی آب و نفت سفید را تا ۶۰ درصد کاهش دهد [۷].

احمدی و شادی‌زاده در سال ۲۰۱۴ از عصاره‌ی برگ درخت سدر به‌عنوان سورفاکتنت طبیعی استفاده کردند. آنها از غلظت ۸ درصد وزنی این سورفاکتنت در آب نمک تهیه شده از آب مقطر و سدیم کلرید در غلظت ۱۵۰۰۰ ppm استفاده و بیان کردند که این غلظت از سورفاکتنت قادر است بازیافت نفت در جای مغزه را تا ۸۱ درصد افزایش دهد [۸].

سمیرا عمادی و شادی‌زاده در سال ۲۰۱۵ با استفاده از سورفاکتنت طبیعی عصاره‌ی برگ سدر و نانوسیلیکا برای کنترل تحرک‌پذیری سیال موجود در مخزن میدان آزادگان به‌منظور ازدیاد برداشت نفت استفاده کردند. روش کار آنها بدین‌گونه بود که ابتدا غلظت بحرانی سورفاکتنت و نانوسیلیکا را با استفاده از تست pH و هدایت‌سنجی تعیین کردند. مقدار غلظت بحرانی^۶ برای سورفاکتنت طبیعی عصاره‌ی برگ سدر برابر با ۵٪ وزنی و برای نانوسیلیکا برابر با ۱۰۰۰ ppm تعیین شد. با استفاده از غلظت بحرانی عملیات سیلاب‌زنی مغزه را آغاز کردند و میزان بازیافت نفت با استفاده از تزریق آب، تزریق عصاره سدر و تزریق نانوسیلیکا را اندازه‌گیری نمودند. سورفاکتنت طبیعی عصاره‌ی برگ سدر تأثیر خوبی در افزایش بازیافت نفت داشته است [۹].

ساران و شادی‌زاده در سال ۲۰۱۶ از عصاره‌ی گیاه شیرین‌بیان به‌منظور ازدیاد برداشت نفت و تغییر ترشوندگی سطح مغزه استفاده کردند. آنها از

۱ | نتایج حاصل از تزریق چهار سورفاکتنت مختلف در مغزه‌های کربناته و ماسه‌سنگی، در صد کاهش نفت باقی‌مانده (Sor%) در این جدول نسبت به حالت تزریق آب بدون سورفاکتنت محاسبه شده است. [۶].

CTAB	SDS	TX-100	سدر (Cedr)	بدون سورفاکتنت	نوع مغزه
۱۹/۵	۲۱	۱۸	۲۴	۲۸	Sor% در غلظت بحرانی سورفاکتنت
۰/۲	۰/۵	۰/۵	۲	-	غلظت بحرانی سورفاکتنت (%wt)
۳۰	۲۵	۳۵	۱۴	-	درصد کاهش Sor
۱۵	۲۳	۲۴	۲۹	۳۶	Sor% در غلظت بحرانی سورفاکتنت
۰/۵	۰/۵	۱	۴	-	غلظت بحرانی سورفاکتنت (%wt)
۵۸	۳۶	۳۳	۱۹	-	درصد کاهش Sor
۲۰	۲۶	۲۴	۲۸	۳۳/۵	Sor% در غلظت بحرانی سورفاکتنت
۰/۲	۱	۰/۵	۴	-	غلظت بحرانی سورفاکتنت (%wt)
۴۰	۲۲	۲۸	۱۷	-	درصد کاهش Sor

۲-۱- فاز آبی

در این مطالعه از آب سازند سروک استفاده شده که چگالی و ویسکوزیته‌ی آن در دمای محیط در جدول ۳ آورده شده است.

۳-۱- مغزه‌ی مورد استفاده

مغزه‌ی مورد بررسی در این مطالعه از سازند سروک میدان X تهیه شد. جنس مغزه از کلسیت و دولومیت تشکیل شده است. مشخصات مغزه‌ی مورد نظر در جدول ۴ آورده شده است.

۴-۱- سورفاکتنت مورد مطالعه (عصاره‌ی برگ زالزالک):

زالزالک نوعی درخت است که دارای برگ‌ها و میوه‌هایی ترش مزه می‌باشد. این درخت در بسیاری از مناطق جنوبی ایران و همچنین در بیشتر مناطق خاورمیانه به وفور یافت می‌شود. عصاره‌ی برگ‌ها و میوه‌های این درخت دارای مولکول‌هایی با ساختار یک سر قطبی و یک سر غیرقطبی هستند که می‌تواند به عنوان سورفاکتنت مورد استفاده قرار گیرد. زالزالک، خَفْجَه، کیالک، یا کویچ، نام‌های مختلف این گیاه است. این گیاه دارای دو نوع زرد و قرمز (شغالی) می‌باشد.

عصاره‌ی برگ درخت زالزالک از شرکت داروسازی ابن‌ماسویه تهیه شده است [۱۱]. ساختار شیمیایی ترکیبات موجود در این عصاره در شکل ۲ آورده شده است.

۲- اندازه‌گیری غلظت بحرانی

تعداد زیادی مولکول ماده فعال سطح می‌توانند در توده محلول به هم وصل شده و تشکیل توده‌ای به نام میسل دهند. با توجه به خواص طبقه‌بندی شده‌ی سطوح، مواد فعال سطحی قادرند که در خصوصیات سطح و مابین سطوح، تغییراتی ایجاد کنند. قرار گرفتن مواد فعال سطحی در فصل مشترک بین فازها و جذب، موجب کاهش کشش سطحی بین سطوح می‌شوند. مواد فعال سطحی به دلیل ساختارشان پس از تجمع در فصل مشترک، باعث کاهش انرژی آزاد سیستم می‌گردند که پس از جذب، سبب تشکیل میسل می‌شوند. فعالیت سطحی و خواص میسلی مواد فعال سطحی یک توانایی مهم بوده که مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. میسلی شدن در مواد فعال سطحی در محلول‌ها بعد از یک غلظت بحرانی که همان غلظت بحرانی میسل می‌باشد، اتفاق می‌افتد. این غلظت بحرانی میسل به ساختمان مولکولی ماده فعال سطحی، ساختار آبگریزی (مانند طول زنجیر هیدروکربنی، شاخه‌ای یا زنجیری بودن، اشباعی یا غیراشباعی بودن زنجیر)، فشار، pH، درجه حرارت و مواد افزودنی آلی و الکترولیت‌ها بستگی دارد. معمولاً غلظت بحرانی یک ماده به عنوان موثرترین غلظت آن ماده شناخته می‌شود و برای ازدیاد برداشت نفت به کمک تزریق شیمیایی نیز از این غلظت استفاده می‌شود [۱۶]. از روش‌های مختلفی برای به دست آوردن این غلظت استفاده می‌شود که عبارتند از: pH سنجی، هدایت‌سنجی، اندازه‌گیری نیروی کشش بین سطحی، کدورت‌سنجی و سایر روش‌ها. اندازه‌گیری غلظت بحرانی به این صورت است که غلظت‌های مختلفی از محلول یک ماده بر حسب خاصیت اندازه‌گیری شده بر روی یک نمودار رسم می‌شود و از نقاط موجود دو روند مختلف را نشان می‌دهند. از این نقاط دو خط مستقیم به صورت رگرسیون عبور داده می‌شود و محل برخورد این دو خط، غلظت بحرانی را بر روی محور افقی نشان می‌دهد. در این مطالعه از روش‌های pH سنجی و هدایت‌سنجی که پیشتر توسط



الف: عصاره‌ی برگ درخت زالزالک، ب: درخت و میوه‌ی زالزالک

۲ | مشخصات نفت‌خام سازند سروک

مشخصات	مقادیر (wt %)
آسفالتن (Asphaltene)	۳/۲
رزین (Resins)	۶/۱
آروماتیک (Aromatics)	۴۲/۷
اشباع (Saturates)	۴۸
چگالی (g/cm ³)	۰/۸۷ @ ۲۵ °C
	۰/۷۵ @ ۷۶ °C
ویسکوزیته (cp)	۴/۶ @ ۲۵ °C
	۳/۷ @ ۷۶ °C

۳ | مشخصات آب سازند سروک

ویسکوزیته (cp)	چگالی (gr/cm ³)	نفت خام سازند سروک
۱/۳۸۵	۱/۱۵	

۴ | مشخصات پتروفیزیکی مغزه‌ی مورد استفاده

جنس	تخلخل (%)	حجم فضای خالی (cm ³)	تراوایی مطلق (md)	تراوایی گازی (md)	قطر (cm)	طول (cm)
کلسیت+دولومیت	۱۳/۴۹	۲/۱۱	۱/۹۱	۳/۴	۳/۶۷	۷/۸۵

باشد، یعنی تحرک پذیری کمتر از یک باشد، ضریب جابه‌جایی بالاتر خواهد بود.

در این مطالعه با افزودن عصاره‌ی موردنظر به آب سازندی، ویسکوزیته افزایش می‌یابد و این می‌تواند تأثیر مثبتی در بازده جابه‌جایی کل داشته باشد. شکل‌های ۵- و ۶ به ترتیب تأثیر غلظت‌های مختلف این سورفاکتنت بر روی چگالی سیال و ویسکوزیته را نشان می‌دهند.

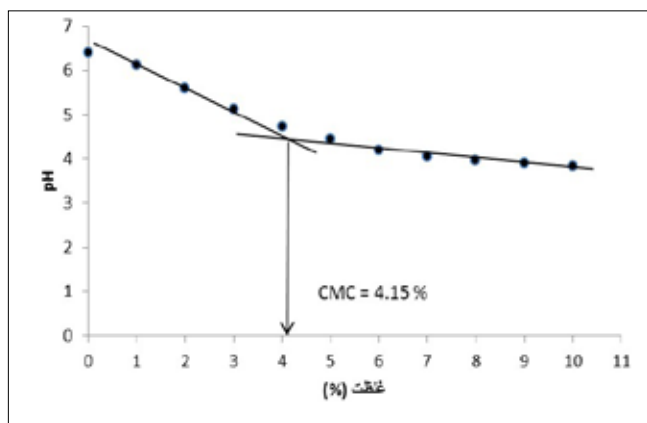
۳-۲- ارزیابی باز یافت نفت

بعد از مشخص کردن غلظت بحرانی، تزریق به مغزه‌ی کربناته با دبی مشخص آغاز می‌شود. این قسمت شامل دو مرحله است:

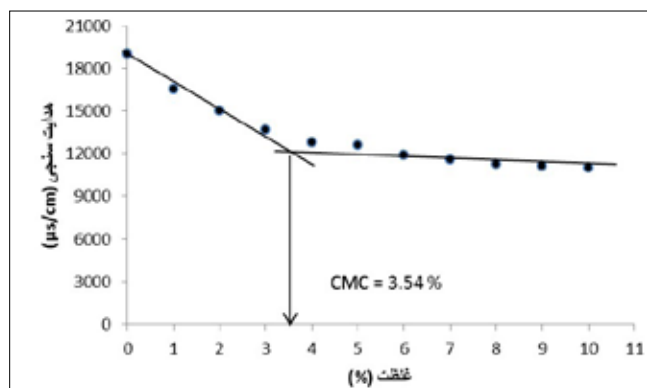
■ تزریق آب سازند

■ تزریق محلول عصاره‌ی برگ زالک با غلظت ۳/۸۴٪

دبی تزریق برابر با ۰/۵ سی سی بر دقیقه انتخاب شد. نتایج آزمایشگاهی هرکدام از موارد بالا در این قسمت تحلیل و ارزیابی می‌شوند. برای هر تزریق، سه مورد میزان باز یافت نفت، افت فشار و جریان جزئی بررسی خواهند شد. منحنی باز یافت نفت، روشی بسیار مناسب برای ارزیابی تأثیر گذاری



شکل ۳ | pH غلظت‌های مختلف سورفاکتنت؛ غلظت بحرانی برابر با ۴/۱۵٪



شکل ۴ | هدایت الکتریکی غلظت‌های مختلف سورفاکتنت؛ غلظت بحرانی برابر با ۳/۵۴٪

امیرپور [۶] و عمادی [۹] برای به‌دست آوردن غلظت بحرانی سورفاکتنت طبیعی عصاره‌ی برگ درخت سدر به‌کار گرفته شد، استفاده شده که نتایج آن در شکل‌های ۳- و ۴ مشخص است. قابل ذکر است که برای تزریق در مغزه‌ی کربناته از مقدار ۳/۸۴٪ که میانگین غلظت‌های به‌دست آمده با استفاده از این دو روش است، استفاده شد.

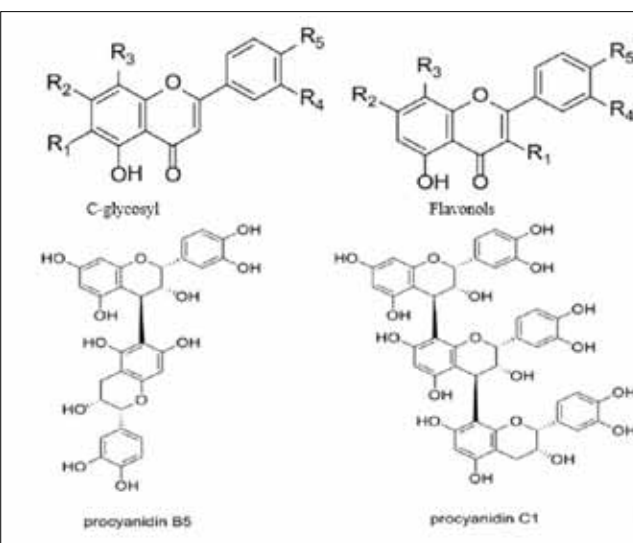
۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر سورفاکتنت بر روی چگالی و ویسکوزیته‌ی محلول

با افزودن عصاره‌ی برگ درخت زالک به آب سازندی، چگالی آن اندکی کاهش پیدا می‌کند که علت آن، پایین بودن چگالی عصاره نسبت به آب سازندی است. نسبت چگالی و ویسکوزیته‌ی سیال جابه‌جاکننده به سیال جابه‌جا شونده، از جمله پارامترهای تأثیرگذار در جابه‌جایی ماکروسکوپی و میکروسکوپی مخزن می‌باشد. شایان ذکر است که نسبت ویسکوزیته‌ی سیالات، عامل بسیار مهمتری در مقایسه با نسبت چگالی سیالات می‌باشد. تحرک پذیری سیالات در مخزن، با ویسکوزیته‌ی آنها نیز در ارتباط است؛ هرچه تحرک پذیری سیال جابه‌جاکننده نسبت به سیال جابه‌جا شونده کمتر

۵ | مشخصات فیزیکی و شیمیایی سورفاکتنت مورد استفاده

موضوع	مورد استفاده
برگ درخت زالک	عصاره برگ
محصول	مورد استفاده
	حالت فیزیکی
	رنگ
	انحلال پذیری
	چگالی (g/ml)
	pH



شکل ۵ | ساختار شیمیایی ترکیب‌های سازنده‌ی عصاره‌ی برگ درخت زالک [۱۱]

۳-۳- بررسی تغییرات افت فشار دو سر مغزه

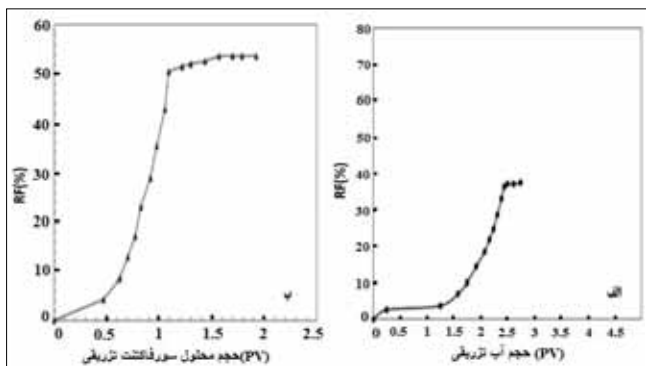
شکل ۸- الف، رابطه‌ی بین فشار تزریقی و حجم آب تزریق شده را نشان می‌دهد. فشار تا نقطه‌ی میان‌شکنی آب افزایش یافته، از صفر به ۵۶۵ psi رسیده و سپس، کاهش می‌یابد. نهایتاً در فشار ۵۲۸ psi ثابت می‌شود. منحنی افت فشار در تزریق عصاره زالزالک نسبت به تزریق آب سازندی، به مقدار بزرگ‌تری می‌رسد و روند افزایشی واضح‌تری دارد. این بدان معنی می‌باشد که سیال جابه‌جاکننده توانسته است حالت امولسیون‌ی بهتری پیدا کند. از عوامل دیگر افزایش افت فشار دو سر مغزه در تزریق سورفاکتنت، بسته شدن احتمالی تعدادی از حفرات و آسیب سازند به علت تشکیل ذرات بزرگ‌تر سورفاکتنت است. شکل ۸- ب، منحنی تغییرات فشار را نشان می‌دهد به طوری که ابتدا فشار از ۶۳۵ psi به ۲۴۶۳ psi افزایش پیدا می‌کند اما در ادامه، کاهش یافته، در فشار ۱۹۴۱ psi ثابت می‌شود.

۴-۳- بررسی جریان جزئی و اشباع سیالات

شکل ۹- الف، منحنی جریان جزئی تزریق آب را نشان می‌دهد. در نمودار جریان جزئی خطی که مماس بر منحنی رسم می‌شود، در نقطه‌ی مماس، میزان اشباع آب برابر با اشباع نقطه‌ی میان‌شکنی آب می‌باشد. چنانچه این خط را ادامه دهیم، محل قطع آن با محور اشباع آب برابر با اشباع آب متوسط در مخزن می‌باشد. مقدار نفت تولید شده برابر خواهد بود با اختلاف اشباع آب متوسط و اشباع آب اولیه.

$$Np = S_{wa} - S_{wc} \quad (1)$$

شکل ۹- ب، منحنی جریان جزئی در تزریق سورفاکتنت را نشان می‌دهد. در این شکل مشخص است که میزان اشباع آب متوسط بعد از تزریق سورفاکتنت در غلظت بحرانی، افزایش یافته است. افزایش اشباع آب در مغزه بدان مفهوم است که نفت بیشتری از مغزه خارج شده و همچنین آب توانسته حفرات ریز موجود در مغزه را پر کند. وارد شدن آب به این حفرات می‌تواند به علت

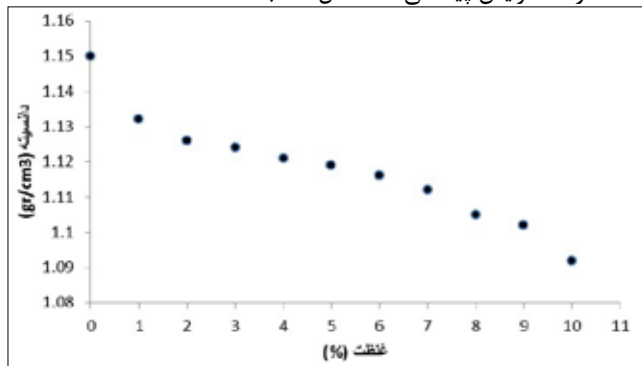


شکل ۹ | الف: فاکتور بازیافت در تزریق آب، ب: فاکتور بازیافت در تزریق سورفاکتنت در غلظت بحرانی

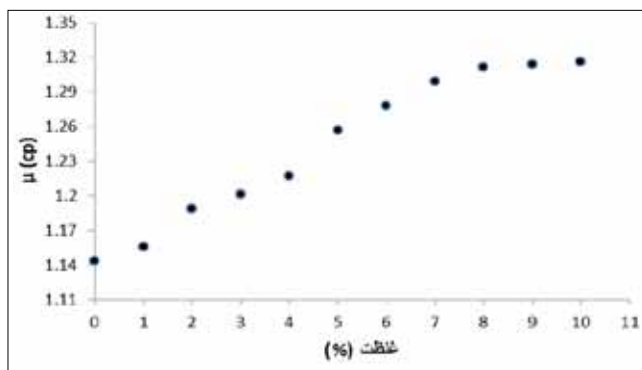
تزریق انجام شده است؛ زیرا افزایش بازیافت نفت نشان از تأثیرگذار بودن ماده‌ی استفاده شده می‌باشد. منحنی افت فشار مشخص می‌کند که در طول سیلاب‌زنی مغزه چه موقع امولسیون تشکیل می‌شود. در نهایت، با کمک منحنی جریان جزئی می‌توان جابه‌جایی سیال امتزاج‌ناپذیر را بررسی کرده، تغییرات ترشوندگی را مورد ارزیابی قرار داد.

بدین منظور، ابتدا میزان نفت خروجی از مغزه و لحظه‌ی میان‌شکنی آب یادداشت می‌شود. بعد از لحظه‌ی میان‌شکنی آب، حجم نفت و آب خروجی در بازه‌های زمانی معینی اندازه‌گیری می‌گردد. با تقسیم نفت خروجی در بازه‌های زمانی به میزان نفت درجا، بازیافت نفت محاسبه می‌شود. شکل ۷- الف، بازیافت نفت در مقابل حجم آب تزریقی به مغزه را نشان می‌دهد. میزان بازیافت نفت بعد از تزریق PV ۲/۷ به ۳۸ درصد می‌رسد.

بعد از تزریق آب سازندی در مغزه‌ی موردنظر، مغزه از مغزه‌نگهدار بیرون آورده شده و دوباره مراحل شست‌وشو و آماده‌سازی مغزه انجام می‌شود. بعد از آماده‌سازی مغزه، مراحل اشباع با آب و سپس نفت، دوباره انجام می‌شود و مغزه آماده‌ی تزریق سورفاکتنت می‌شود. در این مرحله، محلول سورفاکتنت با غلظت بحرانی ۳/۸۴ درصد تزریق می‌شود که در نتیجه‌ی آن، بازیافت نفت به ۵۳ درصد افزایش پیدا می‌کند (شکل ۷- ب).



شکل ۷ | ۵ چگالی غلظت‌های مختلف سورفاکتنت؛ با افزایش غلظت سورفاکتنت چگالی کاهش پیدا می‌کند

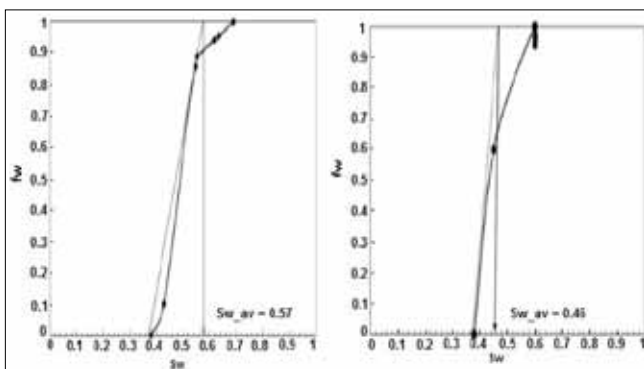


شکل ۷ | ۶ ویسکوزیته‌ی غلظت‌های مختلف سورفاکتنت؛ با افزایش غلظت سورفاکتنت ویسکوزیته افزایش می‌یابد

تشکیل امولسیون در داخل مغزه می‌باشد. امولسیون تشکیل شده باعث می‌شود سیال جابه‌جاکننده، یعنی محلول سورفاکتنت مورد استفاده، بهتر بتواند نفت موجود در فضای متخلخل سنگ را جاروب کند.

۴- از دیگر عوامل افزایش افت فشار دو سر مغزه در تزریق سورفاکتنت، می‌تواند بسته شدن احتمالی تعدادی از حفرات و آسیب سازند به علت تشکیل ذرات بزرگ‌تر سورفاکتنت باشد.

۵- با رسم منحنی جریان جزئی در تزریق آب سازندی و تزریق سورفاکتنت در غلظت بحرانی، مشخص شد که اشباع متوسط آب پس از تزریق سورفاکتنت افزایش یافته است. افزایش اشباع متوسط آب بدین معنی است که نفت بیشتری از مغزه خارج شده است. در تزریق آب، اشباع متوسط ۴۶٪ و در تزریق سورفاکتنت ۵۳٪ بوده است. ■



شکل ۹ | تغییرات جریان جزئی بر حسب اشباع آب در تزریق آب سازندی (الف) و سورفاکتنت در غلظت بحرانی (ب)

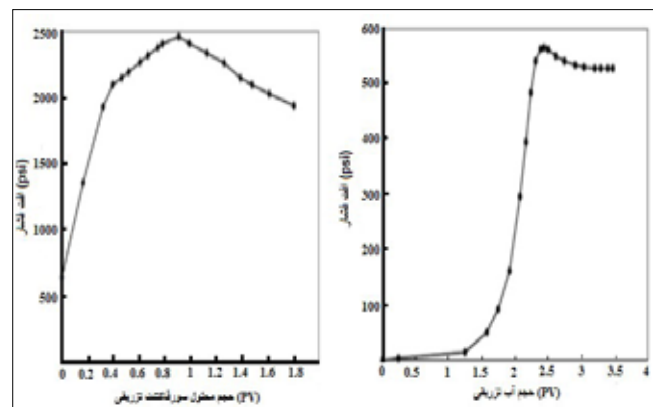
کاهش نیروی کشش بین سطحی آب و نفت و بعضاً به خاطر تغییر ترشوندگی از نفت دوست به آب دوست باشد.

نتیجه‌گیری

۱- با افزایش غلظت این سورفاکتنت از ۱ درصد به ۱۰ درصد، چگالی محلول‌ها اندکی کاهش یافت اما ویسکوزیته‌ی محلول‌ها با افزایش غلظت، به مقدار قابل توجهی افزایش نشان داد.

۲- با افزودن سورفاکتنت مورد نظر به آب سازندی و تزریق آن به مغزه، میزان بازیافت نفت از ۳۸٪ به ۵۳٪ افزایش یافت که نشان از کارایی بالای این سورفاکتنت بوده است.

۳- افزایش فشار در تزریق سورفاکتنت نسبت به تزریق آب سازندی به دلیل



شکل ۸ | تغییرات افت فشار دو سر مغزه در تزریق آب و سورفاکتنت

پانویس‌ها

1. Zizyphas Spina Christi
2. Seidlitzia Rosmarinas
3. CTAB
4. SDS

5. TritonX-100
6. CMC(Critical Micelle Concentration)
7. Hawthorn Berry

منابع

- [1]. Mo., Yu.J. Liu.N., and Lee. R., "Study of the Effect of Different Factors on Nanoparticle-Stabilized CO2 Foam for Mobility Control". (SPE paper No. 159282), 2012, Annual Technical Conference and Exhibition held, San Antonio, Texas, USA.
- [2]. Nikolov.W.T, Huang.D.W, and Edwards.D.A., "The Effect of Oil on Foam Stability: Mechanisms and Implications for Oil Displacement by Foam in Porous Media". (SPE paper No.15443), 1986, Annual Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers, New Orleans, LA, USA.
- [3]. Dholkawala.Z.F, Sarma.H.K., and Kam.S.I., "Application of fractional flow theory to foams in porous media". Journal of Petroleum Science and Engineering, 2007, 57, 152 – 165.
- [4]. Deymeh.H, Shadizadeh.S.R., and Motafakkerfard. R., "Experimental Investigation of Seidlitzia Rosmarinus Effect on Oil-Water Interfacial Tension: Usable For Chemical Enhanced Oil Recovery". Scientia Iranica, 2012, 19 (6), 1661-1664.
- [5]. Pordel Shahri.M., Shadizadeh.S.R., and Jamialahmadi.M., "A New Type of Surfactant for Enhanced Oil Recovery", Journal Petroleum Science and Technology, 2010, Vol. 30, No. 6, P. 585593-.
- [6]. Amirpour. M, Shadizadeh. SR; "Experimental Investigation of Wettability Alteration on Residual Oil Saturation Using Capillary Pressure Measurement", Master of Science thesis, 2013, PUT.
- [7]. Emadi.S and Shadizadeh.S.R, "Experimental Determination of Mobility Control by Nano Foam in EOR Flooding", Petroleum university of Technology, 2015, Master thesis.
- [8]. Ahmadi.M. A., Shadizadeh.S.R., "Implementation of a high-performance surfactant for enhanced oil recovery from carbonate reservoirs". Journal of Petroleum. Science and Engineering, 2013, 110, 66-73.
- [9]. Ahmadi.M. A, Arabsahebi. Y, Shadizadeh. S. R. and Shokrollahzadeh Behbahani. S, "Preliminary evaluation of mulberry leaf-derived surfactant on interfacial tension in an oil-aqueous system: EOR application". Fuel, 2014, 117, 749-755.
- [10]. Saran.m and Shadizadeh .S.R, "Experimental Investigation of Spontaneous Imbibition in Enhanced Oil Recovery by Extracted Glyrrhiza Globra Linn", Petroleum university of Technology, 2017, Master thesis.
- [11]. <http://www.ebnemasouyeh.com/>