Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

مطالعه آزمایشگاهی فرآیند تزریق سورفکتانت به نفت در مخازن دارای شکاف افقی

فاطمه معظمی‌نژاد[1]
moazami2012@gmail.com

چکیده

در حین برداشت اولیه و ثانویه نفت از مخازن شکافدار، نفت زیادی در ماتریس باقی می‌ماند و با توجه به اینکه مخازن شکافدار بخش عمده‌ای از مخازن هیدروکربوری کشور را تشکیل می‌دهند، عملیات شیمیایی به عنوان فرآیند ازدیاد برداشت طی سیلاب‌زنی آبی که شامل سیلاب‌زنی با سورفکتانت است می‌تواند می‌تواند طی مکانیزم‌های کاهش کشش بین سطحی و تغییر ترشوندگی، بازیابی نفت را افزایش دهد.

در این راستا برای بررسی میزان تاثیر فاکتورهای طول شکاف، تعداد شکاف و غلظت بر ازدیاد برداشت نفت در مخازن دارای شکاف افقی، از سورفکتانت آنیونی آمونیم نوکسی نول ۴-سولفات با غلظت‌های متفاوت (۱۵۰ و ۲۵۰ppm) استفاده شد و دبی نفت تولیدی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در مخازن دارای شکاف‌های افقی، با افزایش طول، اندازه دهانه و تعداد شکاف، میزان بازیافت نفت تولیدی افزایش خواهد یافت و تزریق سورفکتانت آنیونی آمونیم نوکسی نول ۴-سولفات با غلظت ۱۵۰ppm باعث افزایش ضریب بازیافت نفت به میزان ۴۸/۵ درصد شد.

واژه‌های کلیدی: مخازن شکافدار، ازدیاد برداشت نفت، سورفکتانت، سیلاب‌زنی با سورفکتانت

۱- کارشناس ارشد مهندسی شیمی

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

صنعت نفت و گاز در ایران از قدمت بالایی برخوردار بوده به طوریکه فراوانی مخازن زیرزمینی و اهمیت ویژه کشور ایران به عنوان یکی از تولیدکنندگان نفت و گاز، این کشور را در مکان‌های اول دارای ذخایر و تولید نفت و گاز در جهان قرار داده است. یکی از فناوری‌های جدید در زمینه پیشرفت علم، فناوری نانو می‌باشد. از جمله حوزه‌هایی کـه فناوری نانو در آن وارد شده است، صنایع بالادستی نفت و گاز شامل اکتشاف، حفاری، بهره‌برداری، مدیریت مخازن است. این فناوری می‌تواند نقش بسیار عظیمی را در زمینه بهره‌برداری از منابع، با استفاده از دستکاری شبکه اتم‌ها از تغییر ساختار ابزار گرفته تا تغییر روش-های تولید ایفا نماید [۱، ۲].

مشکلات موجود در صنایع، به ویژه صنعت نفت را می‌توان با استفاده از فناوری نانو -که نگرشی نوین در چینش و ساختار ماده می‌باشد و سبب بهبود خواص آن می‌گردد- تا حدود زیادی مرتفع نمود. نتایج آزمایش‌های انجام شده توسط پژوهشگران نشان می‌دهد که در بخش ازدیاد برداشت، می‌توان با استفاده از نانوذرات، نانوسیالات، نانوسورفکتانت‌ها و هیدروژل‌های نانوکامپوزیتی، میزان برداشت سیال درجا در مخازن را تا حد زیادی بهبود بخشید [۳].

بیشترین نفت ذخیره شده دنیا در سنگ‌های کربناته می‌باشد، نزدیک به ۵۰٪ از مخازن شناخته شده دنیا مخازن کربناته با میانگین بازیابی نفت کمتر از ۳۰٪ می‌باشد که اغلب این مخازن دارای شکاف[1]هایی با هدایت هیدرولیکی[2] بالا و ماتریس[3]-هایی با تراوایی[4] پایین می‌باشند. با توجه به این مسئله، افزایش بازیابی نفت از مخازن کربناته اهمیت زیادی یافته است [۴].

تحقیقات متعددی در زمینه افزایش برداشت نفت از مخازن در روش سیلابزنی آبی انجام شده است ولی تاکنون تحقیقات جامعی در زمینه نانو ذرات و مخازن شکافدار انجام نشده اما با وجود نتایج محدودی که در دست است به نظر می‌رسد استفاده از مواد نانو به دلیل خصوصیات منحصر بفرد آن‌ها، می‌تواند منجر به افزایش ضریب بازیافت نفت از مخازن و کاهش هزینه‌های اجرایی گردد. همچنین به دلیل مخازن شکافدار متعددی که در ایران وجود دارد و تحقیقات اندکی که در این زمینه انجام شده لذا این پژوهش می‌تواند تا اندازه بسیار زیادی کمک کننده باشد.

هدف از انجام این پژوهش نیز بررسی تاثیر استفاده از نانوسورفکتانت آنیونی آمونیوم نوکسی نول ۴-سولفات در مرحله سیلاب‌زنی آبی و ارزیابی کاهش کشش سطحی میان آب و نفت و نحوه‌ی تاثیر آن بر روی میزان بازیافت نفت در مخازن دارای شکاف افقی می‌باشد.

۲- تجهیزات بکار رفته

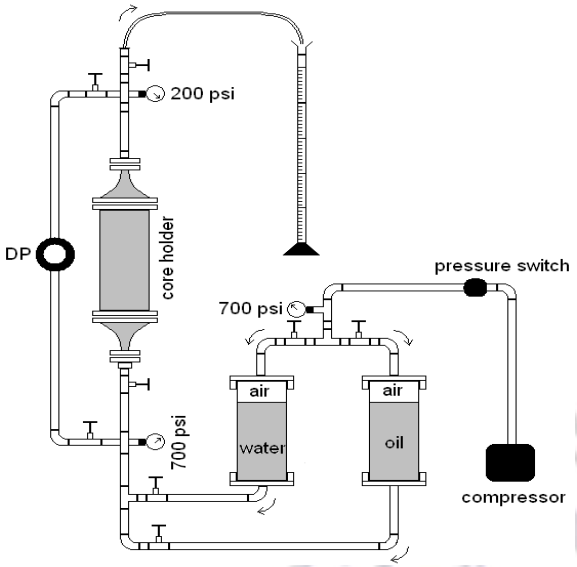
کلیه دستگاه‌های بکار رفته در این آزمایش عبارتند از: core holder، مخزن آب، مخزن نفت و کمپرسور که بطور شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده است. همچنین از دستگاه شیکر و الک‌های لازم جهت الک کردن خاک سیلیس (با مش ۱۰۰-۷۰) مورد استفاده در core holder جهت ایجاد محیط متخلخل استفاده شد.

---

[1]- Fracture
[2]- Hydraulic Conductivity
[3]- Matrix
[4]- Permeability

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: شمای دستگاه آزمایشگاهی

۳- مواد آزمایشگاهی مورد استفاده

۳-۱- آب دریا

در این بررسی آب مورد نیاز از آب‌های خلیج فارس واقع در جنوب کشور ایران (سواحل دریای بندر کنگان)، تهیه گردید.

۳-۲- نفت خام

نفت خام مورد استفاده در این بررسی با $25/5\ ^{\circ}API$ از میدان بنگستان واقع در حوزه‌ی نفتی شادگان تهیه گردید. گرانروی نفت مذکور که جز نفت‌های نیمه‌سنگین طبقه‌بندی می‌شود نیز توسط دستگاه ویسکومتر گردشی اندازه‌گیری شد و مقدار آن برابر با ۲۰/۲۴cp گزارش گردید.

۳-۳- سورفکتانت آنیونی آمونیم نوکسی نول ۴-سولفات

این سورفکتانت آنیونی تجاری بوده ولی به دلیل عدم دسترسی به آن، بر آن شدیم با استفاده از روش‌های ارائه شده در مقالات علمی ترکیب را تهیه و مورد استفاده قرار دهیم.

۳-۴- ذرات سیلیس

در این بررسی از ذرات سیلیس با دانسیته‌ی $2/7 g/cm^3$ برای ساخت محیط متخلخل استفاده گردید که دلیل این انتخاب، نزدیک بودن خصوصیات آن به مخازن ایران و ایجاد محیط متخلخل با تخلخل مناسب می‌باشد.

۴- مراحل آماده‌سازی مخزن و اجرای آزمایش

قبل از انجام آزمایش، مراحل آماده‌سازی مخزن به شرح زیر اجرا شد:

۱. آماده‌سازی محیط متخلخل

www.SID.ir

Archive of SID

۲. انباشتن[1] مخزن با دانه‌های سیلیس
۳. اشباع‌سازی محیط متخلخل
۴. سیلاب‌زنی با ماده شیمیایی

۵- مشخصات فیزیکی شکاف

طبق جدول (۱) طول شکاف و تعداد شکاف و غلظت سورفکتانت تعیین شد:

جدول ۱: مشخصات فیزیکی شکاف

شماره آزمایش	اندازه دهانه شکاف	تعداد شکاف	طول شکاف	غلظت ماده تزریقی
۱	۰/۲mm	۲	۳/۵	۱۵۰ppm
۲	۰/۳mm	۴	۴/۵	۱۵۰ppm
۳	۰/۱mm	۲	۳/۵	۲۵۰ppm
۴	۰/۲mm	۶	۴/۵	۲۵۰ppm

۶- نتایج آزمایش‌ها و بحث

۶-۱- اثر طول، تعداد شکاف و غلظت سورفکتانت بر میزان بازیافت نفت

پس از اشباع core holder با نفت، سورفکتانت آمونیوم نوکسی نول ۴- سولفات با غلظت‌های ۱۵۰ppm و ۲۵۰ppm در یک لیتر آب حل شد و به core holder تزریق شد و همزمان میزان حجم نفت تولیدی نسبت به زمان متناظر آن ثبت شد و نمودارهای دبی و فاکتور بازیافت بر حسب زمان رسم شد. همانطور که در شکل‌های (۲-الف) و (۳-الف) مشاهده می‌شود در طول آزمایش‌ها نوسانات زیادی رخ داده که مهمترین دلیل آن را می‌توان وجود شکاف‌ها و تغییرات اختلاف فشار دانست.

شکل‌های (۲-ب) و (۳-ب) نشان می‌دهد وقتی که طول شکاف و تعداد شکاف افزایش می‌یابد بازدهی نفت بیشتر می‌شود زیرا با افزایش طول شکاف، سطح تماس سورفکتانت تزریقی موجود در شکاف با ماتریس بیشتر شده و بخش بیشتری از ماتریس در مسیر روبش قرار می‌گیرد، بعلاوه زمان رسیدن به پدیده رسوخ طولانی‌تر بوده و در نتیجه میزان بازیافت نفت افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش تعداد شکاف، بازیافت نفت نیز افزایش می‌یابد زیرا سورفکتانت به راحتی در عرض شکاف حرکت کرده و نفت شکاف را تولید می‌کند، همچنین سورفکتانت زمان کافی برای نفوذ در اختیار دارد و در نتیجه بازدهی افزایش می‌یابد.

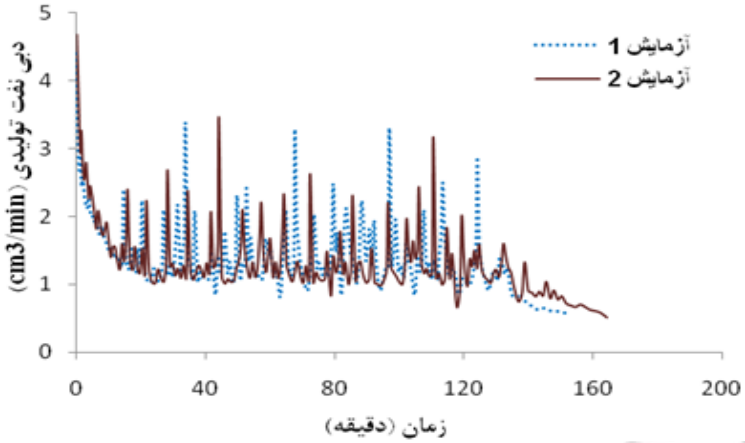
بعلاوه با افزایش اندازه دهانه شکاف، عدد مویینگی افزایش یافته و همچنین با توجه به ترویایی بالای شکاف، حجم نفت موجود در شکاف افزایش یافته و در نتیجه میزان نفت بیشتری از مخزن برداشت می‌شود.

همچنین نتایج نشان داد که استفاده از سورفکتانت با غلظت ۱۵۰ppm، بیشترین بازیافت نفت (۴۸/۵٪) را نتیجه می‌دهد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت بیشتر سورفکتانت به منزله بازیابی بیشتر نفت نخواهد بود.

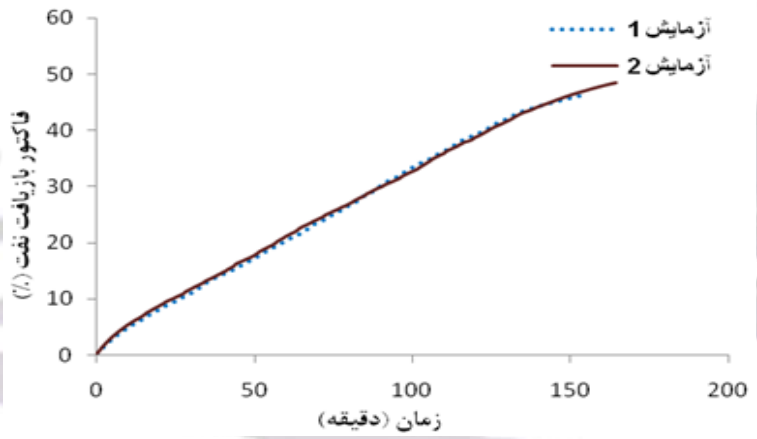
[1]- Packing

www.SID.ir

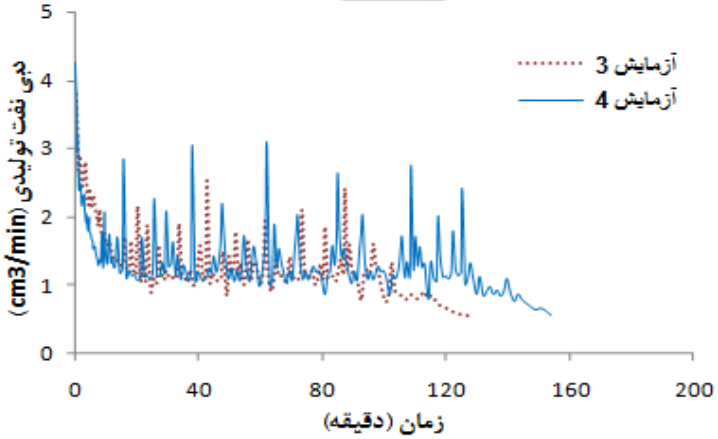
Archive of SID



شکل ۲-الف: نمودار دبی بر حسب زمان برای تزریق سورفکتانت با غلظت ۱۵۰ppm



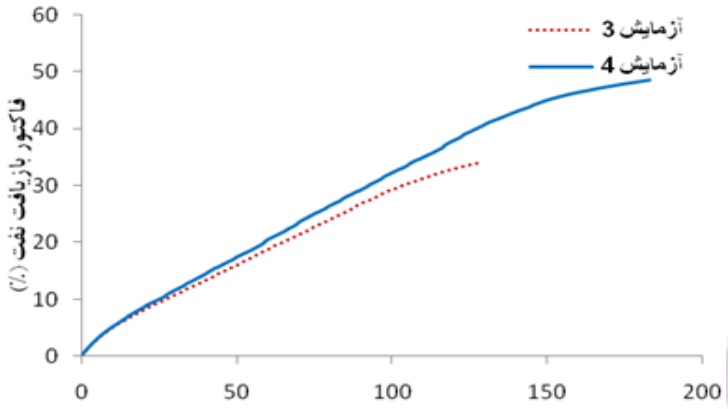
شکل ۲-ب: نمودار فاکتور بازیافت بر حسب زمان برای تزریق سورفکتانت با غلظت ۱۵۰ppm



شکل ۳-الف: نمودار دبی بر حسب زمان برای تزریق سورفکتانت با غلظت ۲۵۰ppm

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳-ب: نمودار فاکتور بازیافت بر حسب زمان برای تزریق سورفکتانت با غلظت ۲۵۰ppm

نتایج حاصل از آزمایش‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است:

جدول ۲: نتایج بدست آمده از انجام آزمایش‌ها

شماره آزمایش	زمان برداشت نفت (دقیقه)	میزان برداشت نفت (cc)	درصد بازیافت نفت
۱	۱۵۳	۱۹۸	۴۶
۲	۱۸۳	۲۰۶	۴۸/۵
۳	۱۲۸	۱۵۴	۳۴
۴	۱۵۴	۲۰۹	۴۷

۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

از مطالعه انجام شده در مورد فرآیند سورفکتانت آمونیوم نوکسی نول ۴- سولفات با غلظت‌های ۱۵۰ppm و ۲۵۰ppm به یک مخزن شکافدار اشباع شده از نفت، نتایج زیر بدست آمد:

- در هر دو نمودار، دبی نفت تولیدی در ابتدای فرآیند بالا می‌باشد که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به اختلاف فشار زیاد در ابتدا اشاره کرد اما با گذشت زمان اختلاف فشار کمتر شده و دبی نفت تولیدی نیز کاهش خواهد یافت.
- تزریق سورفکتانت با هر غلظتی میزان بازیافت نفت را افزایش می‌دهد.
- هر چه تعداد شکاف بیشتر شود میزان بازیافت نفت بیشتر می‌شود.
- هر چه طول شکاف بیشتر شود میزان بازیافت نفت بیشتر می‌شود.
- هر چه اندازه دهانه شکاف بیشتر شود میزان بازیافت نفت بیشتر می‌شود.
- استفاده از سورفکتانت با غلظت ۱۵۰ppm، بیشترین بازیافت نفت را نتیجه می‌دهد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت بیشتر به منزله بازیابی بیشتر نفت نخواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[۱] تاری، فائزه ، عطاپور، مهدی، کاربرد نانوفناوری در بهبود سیمان و سیال حفاری، همایش کاربردهای فناوری نانو، نفت و گاز و پتروشیمی، ۱۳۹۱.

[۳] تاری، فائزه ، عطاپور، مهدی، کاربرد نانوفناوری در ازدیاد برداشت نفت و گاز، همایش کاربردهای فناوری نانو، نفت و گاز و پتروشیمی، ۱۳۹۱.

[2] Esmaeili, A., *"Applications of Nanotechnology in Oil and Gas Industry"*, 2009, Petrotech Confrence, New Dehli, India, 11–15.

[٤] Roehl, P.O., and Choquette, P.W., *"Carbonate Petroleum Reservoirs"*, 1985, Springer-Verlag, New York.

www.SID.ir