



سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی

حامد نجابتیان دارایی^۱ کارشناسی ارشد مهندسی نفت-مخازن هیدروکربوری

چکیده

در این تحقیق پیشرفت‌های اخیر در سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی مرور شده است. بر این اساس، نقش مواد فعال‌کننده سطحی در ازدیاد برداشت نفت، انواع سیستم‌های سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی، اثر آلکالین و پلیمر در فرآیند سیلاب‌زنی و مکانیزم‌هایی که مواد فعال‌کننده سطحی به ازدیاد برداشت نفت کمک می‌کند، بررسی شده است. اضافه کردن آلکالین به سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی، مقدار مواد فعال‌کننده سطحی مورد نیاز را کاهش می‌دهد. برای کنترل تحرک توده تزریقی، پلیمر اضافه می‌شود. نتایج بررسی‌های اخیر نشان می‌دهند، استفاده از مواد فعال‌کننده سطحی به منزله روش ثالثیه ازدیاد برداشت مفیدتر است. این بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهند، استفاده از سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی در مخازن نفت سنگین، با تشکیل امولسیون و به دام انداختن قطرات نفت، به بهبود بازیافت از این مخازن کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی | مواد فعال‌کننده سطحی، ازدیاد برداشت نفت، آلکالین، پلیمر، مخازن نفت سنگین

مقدمه

که در آن:

یک مخزن نفتی در طول دوره فعالیت، مراحل گوناگون تولیدی

دارد. در مرحله اول تولید، انرژی‌های طبیعی درونی مخزن باعث

۷: سرعت داری

۸: ویسکوزیته

۹: کشش بین سطحی

رابطه عدد موئینه با درصد نفت بازیافتی با استفاده از شکل ۱ نشان

داده شده است [۴]. هر چه عدد موئینه N_c بیشتر یا σ کمتر باشد، بازیافت

نفت بیشتر است.

در فرآیند سیلاب‌زنی با آب^{۱۱} در شرایط آب‌دوست^{۱۲} حدود عدد

موئینه بین 10^{-5} تا 10^{-7} است. برای انتقال و جابه‌جایی حجم زیادی

از نفت با سیلاب‌زنی با آب در یک مخزن ماسه‌سنگی، عدد موئینه باید

به 10^{-3} تا 10^{-2} افزایش یابد. برای این هدف، باید IFT کاهش یابد. با

تولید نفت می‌شوند. این انرژی‌های طبیعی عبارتند از: انرژی ناشی از

تراکم‌پذیری سنگ و سیال^۲، انرژی رانش ناحیه آبی مخزن^۳، انرژی رانش

کلاهک گازی^۴، انرژی رانش گاز محلول^۵ و ریزش ثقلی^۶. پس از تولید

اولیه که همان تولید با انرژی‌های طبیعی مخزن است، روش‌های ازدیاد

برداشت ثانویه، مانند تزریق گاز (به صورت غیرامتزاجی) و تزریق آب

برای تثبیت فشار مخزن استفاده می‌شوند [۱]. با این حال، پس از روش‌های

اولیه و ثانویه معمولاً حدود ۶۵ درصد نفت در جای اولیه^۷ در سراسر مخزن

باقی می‌ماند [۲]. برای تولید این مقدار نفت خام باقی‌مانده از روش‌های

ثالثیه ازدیاد برداشت استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها استفاده از مواد

فعال‌کننده سطحی است. درباره روش ازدیاد برداشت با مواد فعال‌کننده

سطحی را مطالعه می‌کنند. در این تحقیق، به مطالعه نقش و مکانیزم مواد

فعال‌کننده سطحی در ازدیاد برداشت نفت پرداخته شده است.

۱- نقش مواد فعال‌کننده سطحی بر ازدیاد برداشت نفت

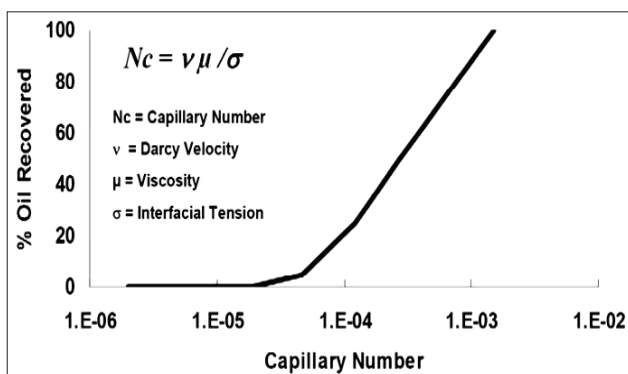
فعال‌کننده سطحی با کاهش نیروهای موئینه^۸ می‌تواند به بازیافت نفت

کمک کند. نیروهای موئینه سبب به تله‌انداختن نفت در فضاهای خالی^۹

سنگ مخزن می‌شوند. عدد موئینه^{۱۰} که نسبت نیروهای ویسکوزیته به

نیروهای موئینه است، به این صورت تعریف می‌شود: [۳].

$$N_c = v\mu/\sigma \quad (1)$$



شکل ۱ | درصد نفت بازیافتی بر حسب عدد موئینه [۴]

۲-۲ پلیمر

پلیمرها برای کنترل و به دست گرفتن جابه جایی در فرایندهای ازدیاد برداشت نفت استفاده می شوند. پلیمر با افزایش ویسکوزیته و کاهش تحرک توده تزریقی باعث افزایش بازدهی جارویی^{۲۲} می شود. البته باید به این نکته اشاره کرد که با افزایش دما پلیمرها هیدرولیز می شوند و کارایی آنها کاهش می یابد [۹،۱۰].

۳-۲ کمک حلال

استفاده از الکل، به منزله کمک حلال با مواد فعال کننده سطحی بسیار رایج است. الکل شکل گیری ژلها، کریستالهای مایع و میکروامولسیون را کاهش می دهد. همچنین، الکل باعث بهبود مقاومت آب می شود. در ضمن الکل همیشه سبب افزایش کشش سطحی است؛ به طوری که سیلاب زنی را مشکل می کند و باعث افزایش هزینه ها می شود [۱۱].

۳- انتخاب مواد فعال کننده سطحی

طراحی یک سیستم میکروامولسیون-پلیمر برای سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی کار دشواری است. در ابتدا با استفاده از رفتار فازی، نوع ماده فعال کننده سطحی تعیین می شود. سپس سیلاب زنی های اولیه در مغزه های استاندارد با استفاده از نفت خام مخزن در دمای مخزن و در نهایت تعیین شرایط بهینه آزمایشگاهی در مغزه های میدانی با استفاده از نفت خام مخزن و آب نمک در شرایط مخزن، انجام می شود. در این بخش، انتخاب نوع ماده فعال کننده سطحی بر اساس غربالگری رفتار فازی، بررسی می شود. وینسور^{۲۳} در سال ۱۹۵۴ وجود میکروامولسیون نوع I، II و III را شرح داد که امروزه سیستم های میکروامولسیون فاز پایین تر، فاز میانی و فاز بالاتر نامیده می شوند [۱۲]. ملکول مواد فعال کننده سطحی دو قسمت دارد: یک قسمت آب دوست^{۲۴} که سر^{۲۵} نامیده می شود و یک قسمت نفت دوست^{۲۶} که به آن دم^{۲۷} می گویند. برای رسیدن به کمترین مقدار ممکن IFT بین آب و نفت باید این دو قسمت در تعادل باشند. در ناحیه سطح تماس آب

استفاده از یک فعال کننده سطحی مناسب، IFT می تواند به 10^{-2} یا کمتر کاهش یابد [۲].

۲- ترکیبات استفاده شده در سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی

مواد فعال کننده سطحی، به تنهایی بازدهی لازم برای بازیافت نفت، جابه جایی و آزاد کردن نفت به تله افتاده را ندارد. به همین دلیل، در سیلاب زنی با این مواد، ترکیبات دیگری به همراه مواد فعال کننده سطحی استفاده می شوند:

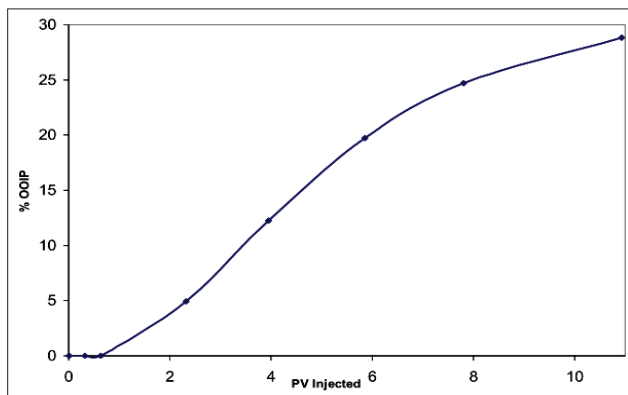
۱- آلکالین^{۲۸}؛

۲- پلیمر^{۲۹}؛

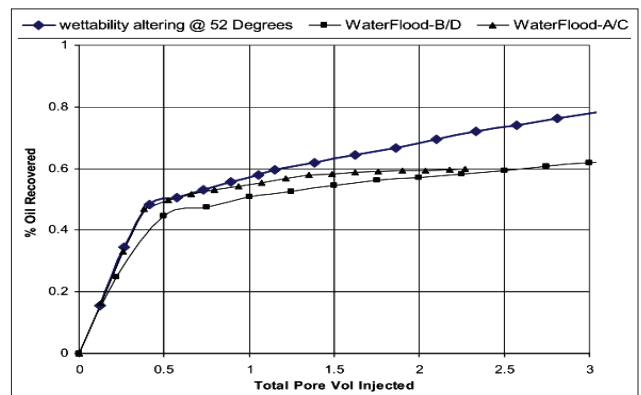
۳- کمک حلال^{۱۵}.

۱-۲ آتکالین

آلکالین به کاهش جذب مواد فعال کننده سطحی بر سنگ و بهبود مقاومت آنها با افزایش PH کمک می کند. همچنین آلکالین باعث بازیافت نفت به وسیله کاهش سختی آب و افزایش راندمان جارویی می شود. اسکویرس^{۱۶} در سال ۱۹۱۷ پیشنهاد داد استفاده از آلکالین باعث توسعه و بهبود انتقال نفت برای زمان های اولیه می شود [۵]. بکستورم^{۱۷} و ون تیول^{۱۸} در سال ۱۹۲۷ بیان کردند، استفاده از حلال های کربنات سدیم (NaCO_3) و هیدروکسید سدیم (NaOH) می تواند به بهبود تولید نفت کمک کند [۶]. مونگان^{۱۹} در سال ۱۹۶۶ نشان داد، سیلاب زنی با هیدرواکسیدها با تغییرات ترشوندگی باعث بهبود نسبت تحرک و افزایش بازیافت می شود [۷]. سدیم هیدروکسید در واکنش شیمیایی با اسیدهای آلی نفت خام باعث تشکیل صابون های نفتی و ایجاد امولسیون نفت در آب و تولید نفت در آب می گردد. گوبرا^{۲۰} در سال ۲۰۰۷ در سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی در میدان لاسالینا^{۲۱} متوجه شد، آلکالین آلی با آب های سخت سازگار است و باعث کاهش جذب مواد فعال کننده سطحی بر سنگ مخزن نمی شود و بنابراین، باعث صدمه زدن به مخزن می شود [۸].



۳ | درصد نفت بازیافتی در سیلاب زنی ثالثیه ماده فعال کننده سطحی بر حسب حجم تزریقی [۱۶]



۲ | مقایسه درصد نفت بازیافتی در سیلاب زنی ثانویه ماده فعال کننده سطحی نسبت به سیلاب زنی عادی آب بر حسب حجم تزریقی [۱۶]



به تله افتاده بر اثر این نیروها می شود. به دلیل جذب مواد فعال کننده سطحی بر روی سنگ مخزن و افزایش هزینه های سیلاب زنی، از این نوع سیستم کمتر استفاده می شود، مگر در مواردی که مخزن وسعت کمی دارد و کنترل نسبت تحرک^{۳۱} و جذب بر سنگ مخزن اهمیت چندانی نداشته باشد [۳،۵].

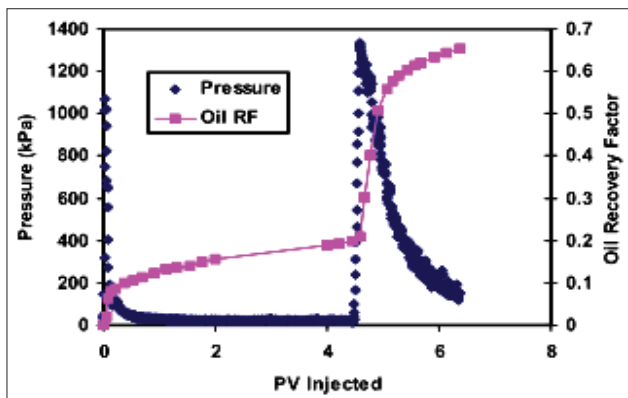
همانطور که گفته شد، به علت جذب مواد فعال کننده سطحی بر سنگ مخزن عموماً سیستم سیلاب زنی نوع S کمتر استفاده می شود؛ بدین منظور آلکالین همراه مواد فعال کننده سطحی به کار گرفته می شود. آلکالین باعث کاهش جذب مواد فعال کننده سطحی بر روی سنگ مخزن می شود. همچنین در مخازنی که نفت خام اسیدی با عدد اسیدی بالایی دارند، باعث ایجاد مواد کاهش دهنده کشش سطحی درجا^{۳۳} تولید می کنند. مکانیزم آلکالین در کاهش جذب مواد فعال کننده سطحی بر سنگ، افزایش PH است [۶،۸].

۴-۳ سیستم سیلاب زنی با آلکالین-مواد فعال کننده سطحی - پلیمر (ASP)

سیستم AS در مواردی که کنترل نسبت تحرک توده تزریقی و نفت اهمیت چندانی نداشته باشد مناسب است، اما در مخازن ماسه سنگی با تراوایی بالا که کنترل نسبت تحرک اهمیت می یابد، استفاده از پلیمر اجتناب ناپذیر است. نقش پلیمر در سیستم ASP، کنترل نسبت تحرک و بهبود و افزایش راندمان جارویی است.

۵- مکانیزم های موثر در ازدیاد برداشت نفت به کمک مواد فعال کننده سطحی

مواد فعال کننده سطحی علاوه بر کاهش کشش سطحی که در بخش دوم درباره آن بحث شد، با مکانیزم های دیگری نیز، با توجه به نوع نفت مخزن، به بازیافت نفت از مخازن هیدروکربوری کمک می کنند:



شکل ۱۴ | درصد نفت بازیافتی و تغییر فشار در سیلاب زنی با ماده فعال کننده سطحی - آلکالین پس از تزریق آب بر حسب حجم تزریقی [۱۹]

نمک-نفت، ملکول های مواد فعال کننده سطحی با قسمت سر، خود را به آب نمک^{۲۸} و با قسمت دم، خود را به نفت متصل می کنند. تمایل مواد فعال کننده سطحی به IFT کمتر به طور مستقیم به انرژی واکنش بین سر و آب نمک (Ehead-brine) و انرژی واکنش بین دم و نفت (Etail-oil) بستگی دارد. برای داشتن یک IFT پایین لازم است که، هر دو واکنش قوی و با هم برابر باشند. وینسور، پارامتر نسبت وینسور^{۲۹} را به صورت $R = \frac{E_{head-brine}}{E_{tail-oil}}$ تعریف کرد. برای فاز میانی که شرایط بهینه دارد (کمترین مقدار IFT و بالاترین میزان حلالیت)، $R=1$ است. با تغییر غلظت نمک، Ehead-brine تغییر می کند. غلظت نمکی که در آن IFT در کمترین مقدار یا به عبارتی $R=1$ است، شوری بهینه^{۳۰} نامیده می شود. [۱۲،۱۳].
باین حال، انتخاب مواد فعال کننده سطحی برای ازدیاد برداشت شیمیایی هنوز بر پایه سعی و خطا استوار است.

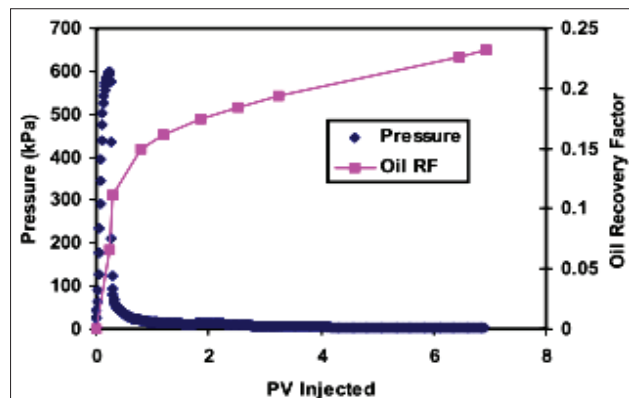
۴-۱ انواع سیستم های سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی

باتوجه به اینکه در یک سیلاب زنی شیمیایی پارامترهایی چون میزان جذب مواد فعال کننده سطحی، نسبت تحرک و تشکیل امولسیون باید در نظر گرفته شوند، سیستم های سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی مختلفی وجود دارد؛ سه نوع سیستم رایج سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی عبارتند از:

- ۱- سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی؛
- ۲- سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی - آلکالین؛
- ۳- سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی - آلکالین - پلیمر.

۴-۱ سیستم سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی (S)

در این سیستم، مواد فعال کننده سطحی، فقط با آب و برای کاهش کشش سطحی بین نفت و آب به درون مخزن تزریق می شوند. این امر باعث کاهش نیروهای موئینه، آزاد شدن و به جریان افتادن نفت های



شکل ۱۵ | درصد نفت بازیافتی و تغییر فشار در سیلاب زنی با آب بر حسب حجم تزریقی [۱۹]

۱-۵ مخازن نفت معمولی ۳۴

۱-۱-۱ اگر سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی به‌منزله یک روش ازدیاد برداشت ثانویه استفاده شود

در این حالت مواد فعال‌کننده سطحی، به‌خصوص در مخازن کربناته، با تغییر ترشوندگی از حالت نفت‌دوست به حالت آب‌دوست متوسط تا قوی، باعث ازدیاد برداشت نفت می‌شوند [۱۴]. در حالت ترشوندگی نفت‌دوست، نفت به سطح حفره‌ها می‌چسبد و آب در گلوگاه‌ها قرار می‌گیرد که باعث افزایش تراوایی نسبی آب و کاهش تولید نفت می‌شود [۱۵]. با تغییر ترشوندگی توسط مواد فعال‌کننده سطحی، آب به سطح حفره‌ها چسبیده و نفت در گلوگاه‌ها قرار می‌گیرد که باعث بهبود تراوایی نسبی نفت، کاهش اشباع نفت باقی مانده و ازدیاد برداشت نفت می‌شود. موهان^{۳۵} در سال ۲۰۰۹ به بررسی سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی در مخازن کربناته با تراوایی پایین پرداخت. او اظهار کرد، در صورتی که مواد فعال‌کننده سطحی به‌منزله یک روش ثانویه ازدیاد برداشت به کار رود، مقدار نفت بازیافتی ۸۲/۴ درصد است؛ در حالی که مقدار نفت بازیافتی بر اثر سیلاب‌زنی با آب همراه مواد فعال‌کننده سطحی متفاوت در مغزه‌ها و شرایط یکسان، حدود ۶۲ درصد است (شکل ۲) [۱۶].

سطحی امولسیون‌هایی تشکیل می‌شوند که نسبت به نفت خام مخزن ویسکوزیته بالاتری دارند. بنابراین، در این حالت، راندمان جارویی بهبود می‌یابد. علاوه بر کنترل نسبت تحرک، به دلیل تشکیل امولسیون، قطرات امولسیون‌های شکل گرفته با به‌دام افتادن در حفره‌های بزرگ‌تر و مسدود کردن این حفره‌ها، باعث انحراف جریان سیلابی به درون حفره‌های کوچک‌تر و بازیافت نفت می‌شوند [۱۷، ۱۸]. برایان^{۳۷} و همکارانش در سال ۲۰۰۷ به بررسی سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی در مخازن نفت سنگین پرداختند. در بررسی‌های آنها، به افزایش بازیافت نفت با استفاده از ایجاد امولسیون و به‌دام افتادن قطرات اشاره شده است. بر اثر تزریق آب در مغزه اشباع از نفت سنگین، مقدار نفت بازیافتی کمتر از ۲۵ درصد نفت در جای اولیه گزارش شد. درصد نفت بازیافتی و تغییر فشار در تزریق آب در شکل ۴ نشان داده شده است [۱۹].

برایان ملاحظه کرد پس از سیلاب‌زنی با آب در مغزه اشباع از نفت سنگین با ویسکوزیته ۱۱۰۰ cP، سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی - آلکالین مؤثر است و مقدار نفت بازیافتی به ۶۵ درصد نفت در جای اولیه می‌رسد. درصد نفت بازیافتی و تغییر فشار در سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی - آلکالین پس از تزریق آب در شکل ۵ نشان داده شده است [۱۹].

برایان و همکارانش به بررسی تأثیر شوری بر سیلاب‌زنی در مخازن نفت سنگین نیز پرداختند. بدین منظور، دو نوع سیستم سیلاب‌زنی را بر مغزه‌ها انجام دادند: سیلاب‌زنی آلکالین - ماده فعال‌کننده سطحی با آب بدون یون‌های شور^{۳۸} و سیلاب‌زنی آلکالین - ماده فعال‌کننده سطحی با آب نمک. نتایج نشان داد، هر دو سیستم به افزایش بازیافت نفت با تشکیل امولسیون و به‌دام افتادن قطرات^{۳۹} منجر می‌شود و به‌نظر می‌رسد که مکانیزم بازیافت برای هر دو سیستم یکسان است [۱۹]. اگر بتوان سنگ مخزن را در حالت آب‌دوست نگه داشت و یک امولسیون نفت در آب (O/W) تولید کرد، حداکثر بازیافت در سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی در مخازن نفت سنگین به‌دست خواهد آمد.

۶- بهترین ماده فعال‌کننده سطحی برای ازدیاد برداشت نفت

در حالت کلی انتخاب نوع ماده فعال‌کننده سطحی به شرایط مخزن مانند: خواص سنگ، دمای مخزن و شوری آب مخزن بستگی دارد. سولفونات‌های نفتی^{۴۰} به دلیل محدودیت‌های مربوط به مواد اولیه کمتر استفاده می‌شوند [۲۰]. آلکیلاریل سولفونات‌ها^{۴۱} بیشترین استفاده را در پروژه‌های ازدیاد برداشت نفت دارند. این گروه از مواد فعال‌کننده سطحی انواع مختلفی دارد، اما نوع IOS بیشتر استفاده می‌شود. مقدار بالای کربن در IOS آن را به‌منزله ماده فعال‌کننده سطحی مناسب برای پروژه‌های ازدیاد برداشت تبدیل کرده است. به دلیل مقدار بالای کربن، این ماده فعال‌کننده سطحی رفتار فازی بهتری نشان می‌دهد (کمترین IFT). به چند علت این کلاس از مواد فعال‌کننده سطحی عملکرد خوبی دارد؛ یک علت می‌تواند ساختار منحصر به فرد IOS باشد، هیدروفوب‌های^{۴۲}

۱-۲-۱ اگر سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی به‌منزله یک روش ثالثیه ازدیاد برداشت پس از سیلاب‌زنی با آب به کار رود

در این حالت مکانیزم عمده در ازدیاد برداشت نفت کاهش کشش سطحی و افزایش عدد موئینگی است که در بخش دوم به‌طور مفصل بررسی شد. موهان به بررسی سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی به‌منزله یک روش ثالثیه در مخازن کربناته با تراوایی پایین نیز پرداخت. در آزمایش موهان، پس از سیلاب‌زنی با آب، اشباع نفت درون مغزه (نفت در جای اولیه) ۳۰ درصد بود، او اظهار کرد، با بکارگیری مواد فعال‌کننده سطحی پس از تزریق آب، بیش از ۹۵ درصد نفت در جای اولیه قابل بازیافت خواهد بود (شکل ۳) [۱۶].

۲-۵ مخازن نفت سنگین ۳۶

در این نوع مخازن باقی‌ماندن درصد بالایی از نفت در جای اولیه در مخزن، به دلیل نیروهای موئینه نیست، بلکه به دلیل ویسکوزیته بالای این نوع نفت است. ویسکوزیته این نوع نفت بین ۵۰ تا ۵۰۰۰۰ سانتی‌پواز تغییر می‌کند. بنابراین، در این حالت سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی نمی‌تواند با کاهش کشش سطحی به ازدیاد برداشت نفت کمک کند. مکانیزم‌های عمده در این حالت، تشکیل امولسیون‌های آب در نفت (W/O) و نفت در آب (O/W) است. هر دو امولسیون با افزایش ویسکوزیته باعث افزایش راندمان جارویی می‌شوند. به عبارتی، در مخازن نفت سنگین که تحرک پایین دارند، با استفاده از مواد فعال‌کننده



۸- هزینه سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی

سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی در سطح میدانی برای مخازن نفتی موفقیت‌آمیز گزارش شده است. سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی با هزینه‌ای حدود ۱۵ تا ۳۵ دلار به ازای هر بشکه ازدیاد برداشت نفت، به‌منزله گران‌ترین روش ازدیاد برداشت محسوب می‌شود [۲۲]. بنابراین، هزینه بالای سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی باعث محدود شدن این روش ازدیاد برداشت به استفاده در مخازن کوچک تا متوسط شده است. امروزه استفاده از مواد فعال‌کننده سطحی همراه با سایر روش‌های دیگر ازدیاد برداشت مانند تزریق بخار و گاز تا حدودی علاوه‌بر کاهش هزینه‌ها، سبب ازدیاد ضریب بازیافت شده است [۲۲].

نتیجه‌گیری

- ۱- به کارگیری سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی، به‌منزله یک روش ثانویه ازدیاد برداشت با تغییرات ترشوندگی از حالت نفت‌دوست به آب‌دوست باعث ازدیاد برداشت نفت در جای اولیه می‌شود.
- ۲- به کارگیری سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی، به‌منزله یک روش ثالثیه ازدیاد برداشت با کاهش کشش سطحی به ازدیاد برداشت نفت کمک می‌کند.
- ۳- در مخازن نفت سنگین تشکیل امولسیون‌های نفت در آب (O/W) یا آب در نفت (W/O) و به دام افتادن قطرات امولسیون، باعث بهبود تحرک و افزایش راندمان جاروبی می‌شود.
- ۴- حلالیت نفت و آب‌نمک در شوری بهینه با افزایش طول دم مواد فعال‌کننده سطحی افزایش می‌یابد.
- ۵- مواد فعال‌کننده سطحی نوع IOS به دلیل داشتن شاخه‌های بلند کربنی، مناسب‌ترین نوع مواد فعال‌کننده سطحی در فرایندهای ازدیاد برداشت به‌شمار می‌روند.
- ۶- مواد فعال‌کننده سطحی جدیدی برای دامنه وسیعی از شرایط دما و شوری موردنیاز است.

انشعاب یافته (شاخه شده) مزیتی آشکار است که از چیدمان‌های منظم و ساختارهای کریستالی زیان‌آور جلوگیری می‌کند. با این حال، IOS از الفین‌های خطی درونی ساخته شده است. موقعیت‌های چندگانه و متعدد زنجیرهای دوتایی^{۴۳} و گونه‌های شیمیایی متعدد که تشکیل می‌شود، ممکن است دلیل دیگری برای عملکرد خوب آن باشد. خصوصیت دیگر IOS آن است که می‌تواند به آسانی در مقادیر زیادی ساخته شود و ساخت آن در مقایسه با دیگر مواد فعال‌کننده سطحی کم هزینه‌تر است [۲].

۷- عوامل مؤثر در طراحی فرایند سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی

در پروژه‌های سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی لازم است پارامترهای مختلفی از جمله فاصله چاه‌ها^{۴۴} و مرحله شروع سیلاب‌زنی در نظر گرفته شود.

۲-۱ فاصله چاه‌ها

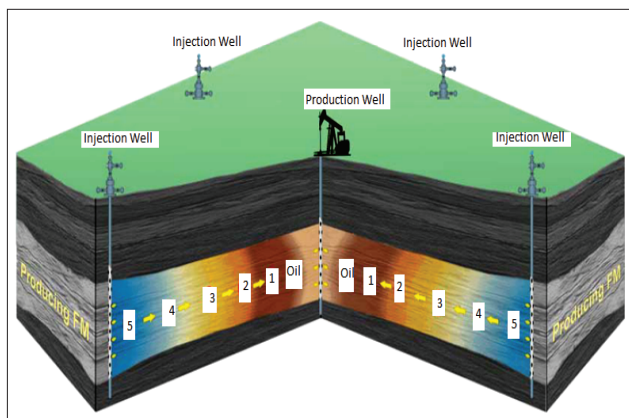
با افزایش فاصله چاه‌های تزریقی و تولیدی، به دلیل مسائلی چون جذب زیاد ماده فعال‌کننده سطحی بر سنگ مخزن و جدایش ماده فعال‌کننده سطحی^{۴۵}، مقدار بازیافت کاهش می‌یابد. بنابراین، برای داشتن تولید اقتصادی باید فاصله بین چاه‌های تولیدی و تزریقی کم انتخاب شود. تامیک^{۴۶} در سال ۱۹۸۷ بر اساس مشاهدات میدانی اظهار کرد، بهترین الگوی سیلاب‌زنی استفاده از الگوی پنج نقطه‌ای (یک چاه تولیدی در وسط چهار چاه تزریقی) در ناحیه‌ای به مساحت ۲۰ هکتار است (شکل ۶). در این الگو، مراحل تزریق به ترتیب زیر است [۲۱]:

- ۱- تزریق آب با سختی پایین، به‌منزله پیش تزریق برای حفظ اثر مواد فعال‌کننده سطحی؛
- ۲- تزریق مواد فعال‌کننده سطحی؛
- ۳- تزریق پلیمر برای کنترل تحرک؛
- ۴- تزریق آب با سختی پایین، به‌منزله پس تزریق برای حفظ اثر پلیمر؛
- ۵- تزریق آب برای رانش کل توده تزریقی.

۲-۲ مرحله شروع سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی

سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی هم می‌تواند به‌عنوان یک روش ثانویه پس از مرحله تولید اولیه مخزن و هم به‌منزله یک روش ثالثیه ازدیاد برداشت نفت استفاده شود. استفاده از سیلاب‌زنی با مواد فعال‌کننده سطحی پس از سیلاب‌زنی با آب، به‌منزله یک روش ثالثیه ازدیاد برداشت، به دلایل زیر مفیدتر و اقتصادی‌تر است [۱۷، ۱۳]:

- ۱- تشکیل امولسیون‌های آب و نفت در آب در این حالت کمتر است.
- ۲- کاهش هزینه‌های ناشی از بازیافت مواد فعال‌کننده سطحی تولیدی.
- ۳- در این وضعیت، اشباع نفت در حالت اشباع باقی مانده قرار دارد و ماده فعال‌کننده سطحی بهتر می‌تواند در کاهش کشش سطحی موفق باشد.
- ۴- بالا بودن بازیافت نفت.



شکل ۶ | الگوی تزریق پنج نقطه‌ای و مراحل مختلف سیلاب‌زنی

۷- مهم ترین عیب سیلاب زنی با مواد فعال کننده سطحی، هزینه بالای آن است که آن را به استفاده در مخازن کوچک تا متوسط محدود می کند.

پانویس ها

- | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. hamed.nejatiyan@yahoo.com | 17. Beckstorm | 33. In-situ |
| 2. Rock and Fluid Compressibility | 18. Van Tuyl | 34. Conventional Oil Reservoir |
| 3. Water Drive | 19. Mungan | 35. Mohan |
| 4. Gas Cap Drive | 20. Guerra | 36. Heavy Oil Reservoirs |
| 5. Solution Gas Drive | 21. La Salina | 37. Bryan |
| 6. Gravity Drainage | 22. Sweep Efficiency | 38. De-ionized Water |
| 7. Oil In Place(OOIP) | 23. Winsor | 39. Entrapment |
| 8. Capillary Forces | 24. Hydrophilic (Water Loving) | 40. Petroleum Sulphonates |
| 9. Pores | 25. Head | 41. Alkylaryl Sulphonates |
| 10. Capillary Number | 26. Lipophilic (Oil Loving) | 42. Hydrophobes |
| 11. Water Flooding | 27. Tail | 43. Double |
| 12. Water Wet | 28. Brine | 44. Well Spacing |
| 13. Alkaline | 29. Winsor Ratio | 45. Surfactant Partitioning |
| 14. Polymer | 30. Solubilization | 46. Tomich |
| 15. Co-solvent | 31. Optimum Salinity | |
| 16. Squires | 32. Mobility Ratio | |

منابع

- [1]. Don W. Green and G. Paul Willhite; "Enhanced Oil Recovery". SPE Text Book Series, Texas 1998, PP 1-2.
- [2]. Vahid Khosravi, "Developing surfactant to Increase the Production in Heavy oil Reservoirs". SPE 132575, June 2010
- [3]. Lake, L. W.: Enhanced Oil Recovery, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1989. Levitt, D.B. Experimental Evaluation of High Performance EOR Surfactants for a Dolomite Oil Reservoir, M.S. Thesis, University of Texas, December 2006.
- [4]. Chatzis and N.R. Morrows, "Correlation of capillary number relationships for sand stone". SPE journal (October 1989), Volume 29(5) , PP 555-562
- [5]. Squires , F. ; "Method of Recovering Oil and Gas " , U.S. Patent No. 1,238,355
- [6]. Beckstorm, R.C. and Van Tuyl, F.M.; "The Effect of Flooding Oil Sands with Alkaline Solution", Bull., AAPG(1927) , PP 223-235
- [7]. Mungan, N.; "Interfacial Effects in Immiscible Liquid Displacement in Porous Media", Sco. Pet. Engr.J. , September 1966.
- [8]. E. Guerra, E. Valero, D. Rodriguez, L. Gutierrez, M. Castillo, J. Espinoza, and G. Granja, PDVSA Intevp; "Improved ASP Design Using Organic Compound-Surfactant-Polymer (OCSP) for La Salina Field, Maracaibo Lake". SPE 107776-MS, April 2007
- [9]. D.B. Levitt, G.A. Pope; "Selection and Screening of Polymer for Enhanced Oil Recovery", paper SPE 113845, April 2008.
- [10]. Moradi-Araghi, A., and Doe, P.: Hydrolysis and Precipitation of Polyacrylamides in Hard Brines at Elevated Temperatures, SPERE, (May 1987) 189-198.
- [11]. C.A. Sanz, SPE, Cia. Naviera Pérez Companc and G.A. Pope, SPE, U. of Texas; "Alcohol-Free Chemical Flooding: From Surfactant Screening to Coreflood Design", SPE 28956-MS, 1995.
- [12]. P.A. Winsor; "Solvent Properties of Amphiphilic Compounds" Butterworths, London, 1954.
- [13]. Julian R. Barnes, Henk Dirkwager, Jasper R. Smit, Johan P. Smit, and An On, Shell Global Solutions International B.V., Amsterdam, Netherlands; Reinaldo C. Navarrete and Bob H. Ellison, Shell Global Solutions (US) Inc., Houston, Texas, USA; and Marten A. Buijse, Shell Exploration and Production B.V., Rijswijk, Netherlands; "Application of Internal Olefin Sulphonates to EOR, Part 1: Structure- Performance Relation Ships for Selection at Different Reservoir Conditions". SPE 129766 April 2010
- [14]. Rene Tabary, Antoine Fornari, and Co-workers, "Improved Oil Recovery with Chemicals in Carbonate Formation", SPE 121668, April 2009.
- [15]. Tarek Ahmed, Reservoir Engineering Hand Book, Second Edition, Gulf Professional Publishing, 2000
- [16]. Kshitij mohan, SPE, University of Houston; "Alkaline Surfactant Flooding for Tight Carbonate Reservoirs", SPE- 129516-STU, October 2009
- [17]. J. Bryan and A. Kantzas, SPE, University of Calgary; "Improved Recovery Potential in Mature Heavy Oil Fields by Alkali-Surfactant Flooding", SPE/PS/CHOA 117649 , October 2008 .
- [18]. Rabia Mohamed Hunky, SPE; Yongfu Wu, SPE; Baojun Bai, SPE; Shari Dunn-Norman, SPE Missouri University of Science and Technology; "An Experimental Study of Alkaline Surfactant Flooding for Ultra Shallow Heavy Oil Reservoirs", SPE 132537, May 2010
- [19]. J. Bryan and A. Kantzas, SPE, University of Calgary, Enhanced Heavy-Oil Recovery by Alkali-Surfactant Flooding, SPE 110738, November 2007
- [20]. C. C. Mattax, Exxon Production Research Company , 3120 Buffalo Speedway, Houston, Texas 77027, USA; R. Blackwell and J. F. Tomich; "Recent Advances in Surfactant Flooding", SPE 20220, 1983.
- [21]. J. F. Tomich, D. L. Laplante and T. M. Snow Exxon Production Research Company; "Technical and Economic Complexities Associated with Surfactant Flooding", SPE 22236, 1987.
- [22]. E. D. Holstein, Exxon Company, U. S. A.; "Status and Outlook for Enhanced Oil Recovery by Chemical Injection", SPE 82-C001, 1982.