تغییر ترشوندگی سنگ‌های کربناتی مخازن گاز میعانی به کمک فعال کننده‌های سطح فلوئوری

غلامرضا کاراندیش[۱]، علی‌اکبر دادخواه[۲]، محمدرضا رحیم‌پور[۳].
دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار دانشگاه، استاد دانشگاه.

چکیده

در نتیجه برداشت از مخازن گاز میعانی با کمتر شدن فشار مخزن از فشار نقطه شبنم سیال هیدروکربنی، گاز در ناحیه اطراف چاه به مایع تبدیل می‌شود. با میعان گاز، قسمتی از فضاهای خالی مخزن در نواحی اطراف چاه به وسیله فاز مایع اشغال می شود که در نتیجه آن، عبور گاز بسیار مشکل خواهد شد و برداشت محصول از مخزن به شدت کاهش می‌یابد. یکی از روش‌های پیشنهاد شده به منظور افزایش برداشت از مخازن گاز میعانی، تغییر تر شوندگی سنگ‌های مخازن با استفاده از ترکیبات شیمیایی می‌باشد. در این مقاله سعی شده است تا به کمک یک فعال کننده سطح فلوئوری آب دوستی و نفت دوستی سنگ‌های یک مخزن گاز میعانی را کاهش و میزان گازدوستی این سنگ‌ها را در جهت افزایش برداشت گاز و میعانات آن افزایش داد. از آزمایش اندازه‌گیری زاویه تماس برای نشان دادن میزان ترشوندگی سنگ نسبت به سیال استفاده شده است. پس از بهینه سازی محلول حاوی فعال‌کننده، زاویه تماس آب و نرمال دکان بر روی سطح فعال شده با محلول بهینه افزایش چشم گیری داشته است که نشان دهنده کاهش آب دوستی و نفت دوستی سنگ می‌باشد. به منظور ارزیابی تاثیر فعال‌کننده فلوئوری بر میزان آب گریزی و نفت گریزی مغزه‌های کربناتی از آزمایش آشام خود به خودی استفاده شده است. میزان جذب آب و نرمال دکان پس از فعال کردن مغزه با فعال کننده سطح، به ترتیب ۸۶/۶ ٪ و ۸۲/۱ ٪ کاهش داشته است که نشان دهنده تاثیر بسیار زیاد فعال‌کننده فلوئوری در تغییر ترشوندگی آب و نفت و به دنبال آن جلوگیری از انسداد میعانی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مخازن گاز میعانی- انسداد میعانی- ترشوندگی- فعال کننده سطح فلوئوری- زاویه تماس- آشام خود به خودی

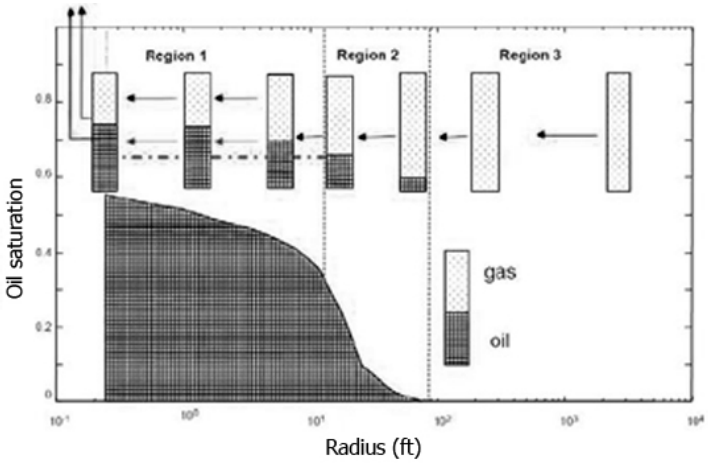
۱- اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی شیمی (Gr.Karandish@ce.iut.ac.ir)
۲- اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی شیمی (Dadkhah@cc.iut.ac.ir)
۳- شیراز، دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی شیمی (Rahimpor@shirazu.ac.ir)

۱- مقدمه

۱-۱- مخازن گازمیعانی

مخازن هیدروکربنی به دو گروه کلی تفسیم بندی می‌شوند، مخازن نفتی و مخازن گازی.
مخازن گاز میعانی به گونه‌ای از مخازن گازی گفته می‌شود که رفتار خاصی را بنام پدیده میعان معکوس از خود نشان می‌دهند. در نتیجه این رفتار، با کمتر شدن فشار مخزن از فشار نقطه شبنم سیال هیدروکربنی، گاز در ناحیه اطراف چاه به مایع تبدیل می‌شود. با میعان گاز، قسمتی از فضاهای خالی مخزن در نواحی اطراف چاه به وسیله فاز مایع اشغال می شود که در نتیجه آن، عبور گاز بسیار مشکل خواهد شد و برداشت محصول از مخزن به شدت کاهش میابد. به این پدیده انسداد میعانی می گویند که باعث کاهش ۵۰ تا ۸۰٪ بهره وری چاه می شود.

در شکل ۱ نتیجه پدیده میعان معکوس در یک مخزن گاز میعانی نمایش داده شده است، همانطور که مشاهده می‌شود با نزدیک شدن سیال هیدروکربنی به دهانه چاه برداشت، در نتیجه کاهش فشار سیال درصد اشباع میعانات گازی افزایش میابد و موجب انسداد دهانه چاه و کاهش چشمگیر برداشت محصول می‌شود. [۱]



شکل ۱- منحنی اشباع میعانات گازی بر حسب فاصله از چاه برداشت

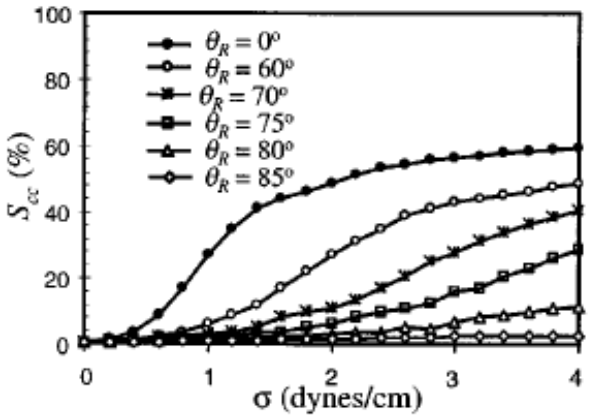
۱-۲- فعال‌کننده‌های سطح فلوئوری (Fluorinated Surfactants)

فعال‌کننده‌های سطح (Surfactants) به ترکیباتی گفته می‌شود که حتی در غلظت‌های کم، کشش سطحی سطح زیرین خود را کاهش می‌دهند. مشخصه اصلی آن‌ها، بازدهی بالا در کاهش کشش سطحی می‌باشد. فعال‌کننده‌ها از یک قسمت آب گریز (Hydrophilic) و از یک قسمت آب دوست (Hydrophobic) تشکیل شده‌اند. در فعال‌کننده‌های فلوئوری، قسمت آب دوست مولکول حاوی فلوئور می‌باشد، اتم‌های فلوئور جایگزین حداقل یکی از اتم‌های هیدروژن دُم آب‌دوست فعال‌کننده شده است. دم آبدوست فعال‌کننده‌های فلوئوری هم آب و هم نفت را می‌تواند به خوبی دفع کند. فعال‌کننده‌های فلوئوری بسیار بیشتر از فعال‌کننده‌های هیدروکربنی مشابه خود، سطح را فعال می‌کنند. این ترکیبات خاصیت فعال‌سازی سطوح را در سیستم‌های آلی از خود نشان می‌دهند و در مقابل حرارت، اسیدها و بازها مقاوم می‌باشند. تنها ایراد آن‌ها قیمت بالاتر نسبت به انواع هیدروکربنی مشابه خود می‌باشد که در مقابل غلظت‌های ناچیز مورد استفاده از آنها قابل چشم پوشی است. [۲]

۲-۱- ازدیاد برداشت بکمک ترکیبات شیمیایی

روش‌های مختلفی جهت بالا نگه داشتن سرعت تولید گاز پس از کاهش آن بدلیل پدیده انسداد میعانی، وجود دارد. روش‌های معمول مورد استفاده جهت از بین بردن خسارات ناشی از پدیده انسداد میعانی شامل دو دسته اند، یا رفتار فازی سیال گاز میعانی را تغییر می‌دهند و یا فشار پایین دستی را کاهش می‌دهند و فشار را بالاتر از فشار نقطه شبنم نگه می‌دارند. روش‌های بازگشت گاز، ایجاد فشار هیدرولیکی و تزریق متانول مورد استفاده قرار گرفته‌اند اما موفقیت نهایی آنها دارای محدودیت‌هایی می‌باشد، تمامی این روش‌ها بصورت موقتی می‌توانند مشکل پدیده انسداد میعانی را حل کنند. [۳، ۴، ۵]

پیشنهاد افزایش تولید چاه گاز میعانی بکمک تغییر قابلیت ترشوندگی از مایع دوستی به گاز دوستی، توسط لی و فیروزآبادی برای اولین بار در سال ۲۰۰۰ ارئه شد. در این مقاله پارامترهای ترشوندگی بین سطحی، نیروهای سطحی، نیروهای وزنی و گران‌روی بر روی اشباع بحرانی و تراوایی نسبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل، مدل ساده‌ای را بیان می‌کند که نشان دهنده ارتباط مستقیم ترشوندگی با اشباع بحرانی میعانات و تراوایی نسبی است. تراوایی نسبی در برخی از اشباع‌ها ممکن است در اثر تغییر زاویه تماس از صفر درجه (کاملا آب دوست) تا ۸۵ درجه (گاز دوست متوسط)، به شدت افزایش یابد. آنها به این نتیجه رسیدند که با تغییر ترشوندگی در نزدیکی دهانه چاه می‌توان بهره برداری گاز را در مخازن گاز میعانی افزایش داد. اگر ترشوندگی سیستم سنگ- سیال در نزدیکی دهانه چاه در مخازن گاز میعانی، توسط برخی از مواد شیمیایی به گاز دوست متوسط تبدیل شود، اشباع بحرانی میعانات (S_{cc}) و تراوایی نسبی فاز گاز (K_{rg}) نیز ممکن است تغییر یابد. شکل ۲ تاثیر تغییرات زاویه تماس (θ_R) را بر S_{cc} نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود S_{cc} با افزایش θ_R از صفر تا ۸۵ درجه در یک کشش سطحی (σ) ثابت، کاهش می‌یابد که نشان دهنده تاثیر زاویه تماس بر اشباع بحرانی میعانات می‌باشد. [۶]



شکل ۲- تاثیر کشش سطحی و زاویه تماس بر اشباع بحرانی میعانات

تانگ و فیروزآبادی در سال ۲۰۰۲ از فعال‌کننده‌های فلوئوری FC759 و FC722 جهت تغییر ترشوندگی کاملا مایع دوستی به گازدوستی متوسط، استفاده کردند. این ترکیبات دارای گروه‌های فلوئوری می‌باشند که می‌توانند آب و نفت را دفع کنند، همچنین گروه سیلانولی که این ترکیبات دارند می‌توانند پیوند پایداری را با سنگ برقرار کنند. نتایجی که این محققان از کاربرد FC759 گرفتند، نشان می‌دهد این ترکیب می‌تواند ترشوندگی سنگ مورد آزمایش را از کاملا مایع دوستی به گاز دوستی متوسط، در دمای اتاق تغییر دهد. آنها پیشنهاد کردند جهت کاربرد میدانی این روش باید تحقیقات گسترده‌تری در دو مسیر صورت گیرد، یکی تاثیر تغییر ترشوندگی به گاز دوستی متوسط در دماهای بالا و دیگری استفاده از دیگر ترکیبات پلیمری جهت تغییر ترشوندگی. [۷]

ادیبهاتلا (Adibhatla) و همکارانش در سال ۲۰۰۶ سعی کردند تا با استفاده از فعال‌کننده‌های فلوئوری غیر یونی و یونی گوناگونی ترشوندگی سنگ‌های سیلیس (Silica) و کلسیت (Calcite) را تغییر دهند. آن‌ها از آزمایش‌های اندازه‌گیری زاویه

تماس و آشام خود به خودی (Spontaneous Imbibition) جهت بررسی تاثیر ترکیباتشان بر ترشوندگی استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که فعال‌کننده‌های فلوئوری غیر یونی می‌توانند ترشوندگی را به خوبی تغییر دهند، همچنین با افزایش فلوئور در دنباله فعال‌کننده، آب گریزی و نفت گریزی آن‌ها افزایش میابد. [۸]

هدف از انجام این آزمایش استفاده از یک ترکیب فعال‌کننده فلوئوری موثر و ارزان قیمت جهت تغییر ترشوندگی سنگ‌های مخازن گاز میعانی از آب‌دوست به گاز دوست متوسط می‌باشد.

۲- شرح آزمایش

۲-۱- مواد مورد استفاده

از ترکیب شیمیایی Zonyl UR تهیه شده از شرکت آلمانی abcr، که یک فعال‌کننده فلوئوری آنیونی می‌باشد به عنوان ماده شیمیایی موثر بر سنگ‌های کربناتی مخزن استفاده شده است. یکی از مزایای این ترکیب نسبت به ترکیبات مشابه، قیمت ارزانتر آن بدلیل وجود اتم‌های هیدروژن در دنباله خود، می‌باشد. به دو روش از فعال‌کننده فلوئوری استفاده شده است، در روش اول فعال‌کننده را مستقیما در حلال حل می‌کنیم که حرف اختصاری Z را در این مقاله برای آن برگزیده‌ایم، اما در روش دوم ابتدا فعال‌کننده را خنثی می‌کنیم بطوریکه PH آن به ۷ تا ۸ برسد سپس آن را در حلال حل می‌کنیم که از حروف اختصاری N-Z در این مقاله استفاده شده است، و در نهایت تاثیر این دو روش را مشاهده و با هم مقایسه خواهیم کرد.

از اتانول، متانول و ایزوپروپانول ۹۹٪ تهیه شده از شرکت مرک (Merck)، به عنوان حلال در ساخت محلول مورد آزمایش استفاده می‌شود. به منظور ساخت آب نمک، از آب مقطر تهیه شده از آزمایشگاه و NaCl تهیه شده از شرکت مرک استفاده شده است. سیالات مورد استفاده در آزمایش اندازه‌گیری زاویه تماس، آب مقطر و نرمال دکان ($n\text{-}C_{10}$) می‌باشند که به ترتیب به منظور بررسی میزان آبدوستی و نفت دوستی سطح انتخاب شده‌اند.

۲-۲- آماده سازی سنگ

از سنگ‌های کربناتی مخزن آسماری در آزمایش‌های زاویه تماس و آشام خود به خودی استفاده شده است. ابتدا به کمک مته مغزه گیر، مغزه‌هایی به قطر ۱/۵ اینچ و طول ۸ تا ۱۰ سانتیمتر تهیه کرده‌ایم. سپس تمامی مغزه‌ها را در حمام التراسونیک به منظور شستشوی خلل و فرج آن‌ها بمدت ۲۰ دقیقه قرار داده‌ایم و پس از آن در آونی با دمای ۱۱۶ $^{\circ}C$ بمدت ۱۲ ساعت نگه داشته می‌شوند تا تمامی منافظ آن‌ها خشک شوند. در مرحله بعد جهت اندازه‌گیری تخلخل و در ادامه آن حجم فضاهای خالی، تمامی مغزه‌ها را بصورت جداگانه درون دستگاه اندازه‌گیری تخلخل (Porosity Meter) قرار می‌دهیم تا به وسیله گاز هلیوم و بر مبنای قانون بویل‌ماری، تخلخل مغزه‌ها را محاسبه کنیم.

۲-۳- آزمایش اندازه‌گیری زاویه تماس

زاویه تماس زاویه‌ای است که یک قطره سیال مایع با سطح زیرین خود می‌سازد و هر چقدر سطح سیال دوست تر باشد، زاویه تماس کوچکتر خواهد بود. [۹]

ابتدا صفحاتی با ضخامت کم از مغزه‌های گرفته شده تهیه می‌کنیم، سپس هر صفحه را درون محلولی حاوی فعال‌کننده فلوئوری و حلال آن، بمدت ۲۴ ساعت نگه می‌داریم. پس از بیرون آوردن صفحات از محلول مورد نظر و خشک کردن آن‌ها، یک قطره آب مقطر و نرمال دکان روی هر صفحه می‌گذاریم و زاویه تماس بین سیال و سنگ کربناتی را به کمک دستگاه رایانه‌ای اندازه‌گیری زاویه تماس، محاسبه می‌کنیم.

۴-۲- آزمایش آشام خود به خودی

این آزمایش میزان جذب سیال را بدرون مغزه، نسبت به زمان سپری شده نشان می‌دهد. هرچه قدر مغزه سیال دوست تر باشد میزان جذب سیال به درونش بیشتر خواهد بود و هرچه سیال گریزتر باشد میزان سیال بیشتری را دفع می‌کند. [۹]

مغزه اشباع شده با هوا را قبل از فعال کردن با فعال‌کننده فلوئوری، بمدت ۳ ساعت درون آب نمک با درصد وزنی ۰/۲٪ و نرمال دکان قرار می‌دهیم، سپس تغییرات وزن آنرا نسبت به زمان ثبت می‌کنیم. در مرحله بعد مغزه را درون محلول حاوی فعال‌کننده و حلال مورد نظر بمدت ۲۴ ساعت قرار می‌دهیم، پس از خشک کردن مغزه، آزمایش فوق را دوباره انجام می‌دهیم تا تاثیر فعال‌کننده را بر میزان جذب سیال توسط مغزه مشاهده کنیم. لازم به ذکر میزان اشباع اولیه آب (S_{wi}) در مغزه با توجه به خشک کردن کامل اولیه آن صفر می‌باشد. در این آزمایش آب نمک نماینده سیال سازند مخزن، نرمال دکان نماینده میعانات و هوا نماینده گاز درون مخزن خواهد بود.

۳- نتایج و بحث

در آزمایش اندازه گیری زاویه تماس، میزان زاویه تماس مشاهده شده قطره‌های آب و نرمال دکان قبل از آغشته شدن سطوح با فعال‌کننده‌ها، صفر می‌باشد بطوریکه قطره کاملا بدرون سنگ کربناتی نفوذ می‌کند. پس از قرار دادن سطوح بمدت ۲۴ ساعت در محلول حاوی فعال‌کننده سطح و حلال آن، زاویه تماس را دوباره اندازه‌گیری کرده‌ایم. نتایج زاویه تماس‌های اندازه گیری شده در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱- زاویه تماس قطره آب و نرمال دکان نسبت به حلال‌های مختلف

فعال کننده سطح	درصد وزنی فعال‌کننده	حلال	زاویه تماس قطره آب	زاویه تماس قطره نرمال دکان
Z	٪ ۱	ایزوپروپانول	۱۰۰/۵°	۶۰/۲°
Z	٪ ۱	اتانول	۱۲۱°	۷۰/۳°
N-Z	٪ ۱	متانول	۱۲۰/۷°	۷۰°
N-Z	٪ ۱	آب	۱۳۴°	۸۳°

همانطور که مشاهده می‌شود ترکیب Z با اتانول و ترکیب N-Z با آب مقطر زاویه تماس بیشتری را تولید می‌کند. در مرحله بعد تاثیر زاویه تماس نسبت به غلظت‌های مختلف این دو فعال‌کننده را بررسی می‌کنیم. نتایج این آزمایش در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

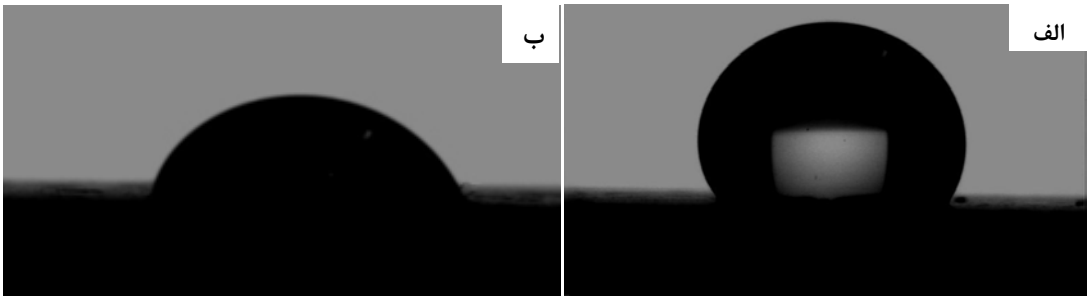
جدول شماره ۲- زاویه تماس قطره **آب و نرمال دکان نسبت به درصدهای مختلف فعال‌کننده فلوئوری**

فعال کننده سطح	درصد وزنی فعال‌کننده	حلال	زاویه تماس قطره آب	زاویه تماس قطره نرمال دکان
Z	٪ ۰/۵	اتانول	۱۰۴°	۶۳/۱°
Z	٪ ۱/۵	اتانول	۱۲۱/۵°	۷۰/۴°
N-Z	٪ ۰/۵	آب	۱۲۵°	۷۲/۶°
N-Z	٪ ۱/۵	آب	۱۳۴/۸°	۸۳/۳°

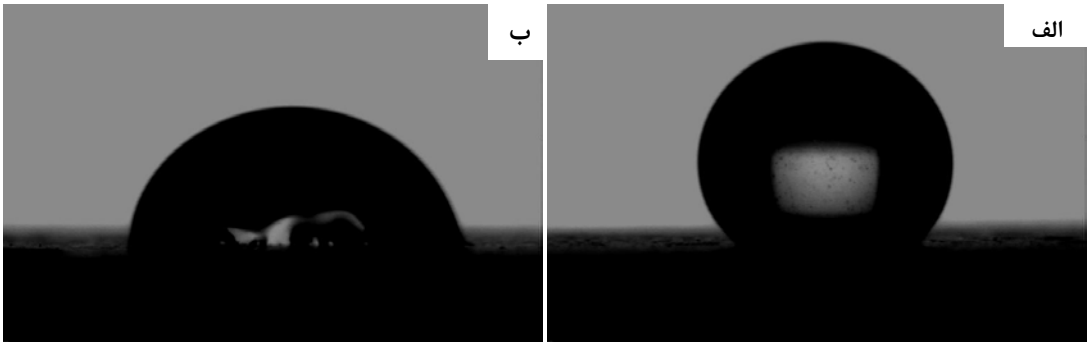
نتایج آزمایشات صورت گرفته نشان می‌دهد درصد بهینه هر دو فعال‌کننده Z و N-Z، ۱٪ می‌باشد. نمونه‌ای از تصاویر گرفته شده به کمک دستگاه رایانه‌ای زاویه سنج از قطره‌های آب و نرمال دکان در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

محلول ۱٪ فعال‌کننده Z در حلال اتانول و ۱٪ فعال‌کننده N-Z در آب مقطر که بیشترین مقدار زاویه تماس را ایجاد کرده‌اند، در آزمایش آشام خود به خودی جهت فعال کردن مغزه‌های کربناتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. میزان تخلخل

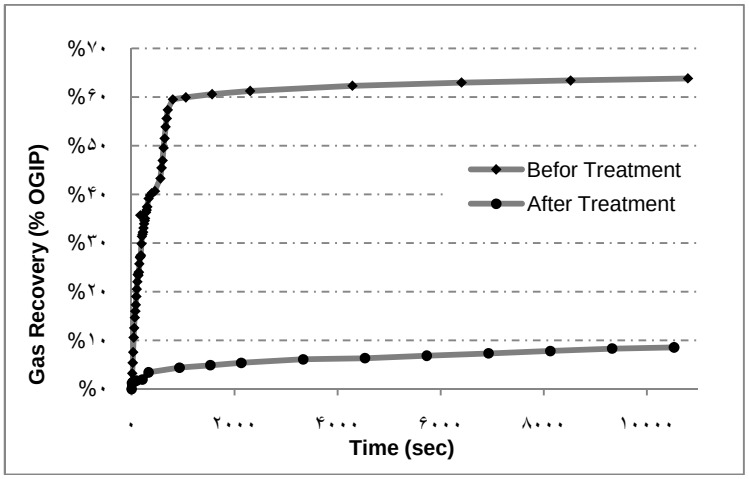
مغزه‌های محاسبه شده توسط دستگاه اندازه گیری تخلخل، ۲۸/۳ ٪ می‌باشد، در این آزمایش از دو مغزه استفاده شده است که هر کدام با یکی از فعال‌کننده‌های Z و N-Z فعال شده‌اند. میزان بازیافت گاز (Gas Recovery) بوسیله آشام خود به خودی آب نمک قبل از فعال کردن مغزه با فعال‌کننده سطح فلوئوری، ۶۴٪ از میزان گاز اولیه درجا (OGIP) می‌باشد که نشان می‌دهد مغزه تا چه اندازه آب‌دوست بوده است، اما پس از فعال کردن مغزه با محلول ۱٪ فعال‌کننده Z و اتانول، این مقدار به ۸/۵ ٪ از OGIP رسیده است که نشان از کاهش ۸۶/۶ ٪ میزان بازیافت گاز یا میزان جذب آب نمک می‌باشد. نمودار تغییرات بازیافت گاز بوسیله آشام خود به خودی آب نمک نسبت به زمان، قبل و بعد از فعال‌کردن آن در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۳- تصاویر گرفته شده از قطره‌های الف) آب، ب) نرمال دکان بر روی سنگ‌های کربناتی فعال شده با محلول ۱٪ فعال‌کننده Z و اتانول

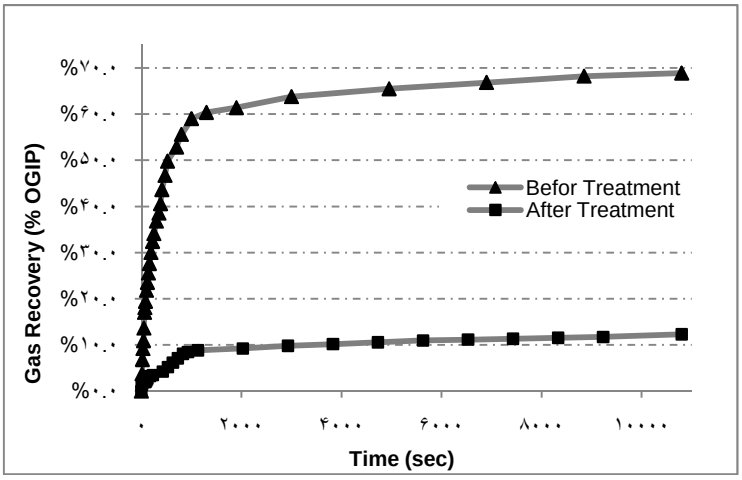


شکل ۴- تصاویر گرفته شده از قطره‌های الف) آب، ب) نرمال دکان بر روی سنگ‌های کربناتی فعال شده با محلول ۱٪ فعال‌کننده N-Z و آب مقطر



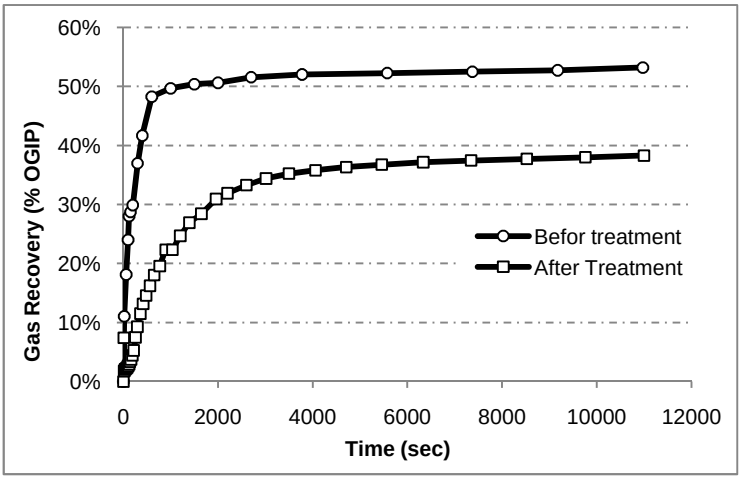
شکل ۵- تغییرات بازیافت گاز بوسیله آشام خود به خودی آب نمک نسبت به زمان، قبل و بعد از فعال کردن مغزه با محلول ۱٪ فعال‌کننده Z و اتانول

در شکل ۶ بازیافت گاز بوسیله آشام خود به خودی نرمال دکان قبل و بعد از فعال کردن مغزه به وسیله محلول ۱٪ فعال‌کننده Z و اتانول نشان داده شده است، همانطور که مشاهده می‌شود میزان بازیافت گاز پس از گذشت ۳ ساعت، قبل از فعال کردن مغزه ۶۸/۹ ٪ از OGIP و پس از آن ۱۲/۳ ٪ می‌باشد در نتیجه فعال‌کننده توانسته میزان جذب نرمال دکان را ۸۲/۱ ٪ کاهش دهد.

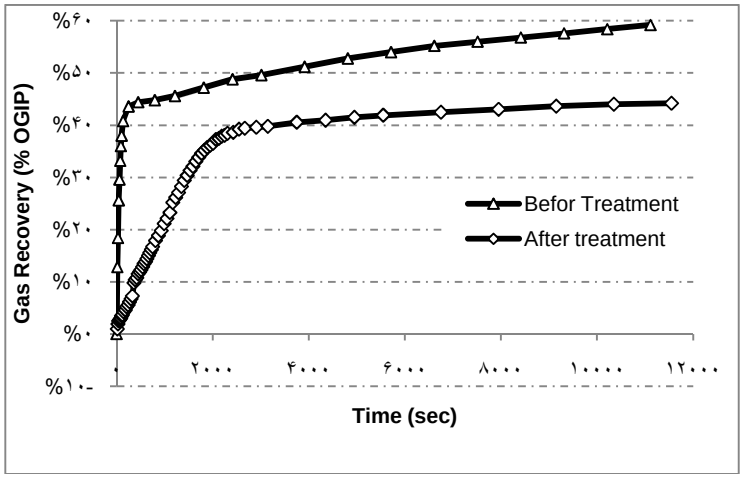


شکل ۶- تغییرات بازیافت گاز بوسیله آشام خود به خودی نرمال دکان نسبت به زمان، قبل و بعد از فعال کردن مغزه با محلول ۱٪ فعال‌کننده Z و اتانول

میزان بازیافت گاز بوسیله آشام خود به خودی آب نمک ، قبل از فعال کردن مغزه دیگری با محلول ۱٪ فعال‌کننده N-Z و آب مقطر، ۵۳/۲٪ و این مقدار برای آشام نرمال دکان ۵۹/۲٪ محاسبه شده است، اما پس از فعال‌کردن مغزه بازیافت گاز بوسیله آشام آب نمک به ۳۸/۳٪ و این مقدار برای آشام نرمال دکان به ۴۴/۲٪ تغییر یافته است، در نتیجه این محلول توانسته است میزان بازیافت گاز یا جذب آب نمک را ۲۸/۱٪ و جذب نرمال دکان را ۲۵/۳٪ کاهش دهد. شکل‌های ۷ و ۸ روند تغییرات آشام خود به خودی آب نمک و نفت را نشان می‌دهد.



شکل ۷- تغییرات بازیافت گاز بوسیله آشام خود به خودی آب نمک نسبت به زمان، قبل و بعد از فعال کردن مغزه با محلول ۱٪ فعال‌کننده N-Z و آب مقطر



شکل ۸- تغییرات بازیافت گاز بوسیله آشام خود به خودی نرمال دکان نسبت به زمان، قبل و بعد از فعال کردن مغزه با محلول ۱٪ فعال‌کننده N-Z و آب مقطر

از آزمایشات انجام شده در میابیم فعال‌کننده Z با درصد وزنی ۱٪ در اتانول زاویه تماس سطوح کربناتی را به خوبی تغییر می‌دهد و در آزمایش آشام نیز می‌تواند هم آب دوستی و هم نفت دوستی مغزه را به شدت کاهش دهد اما فعال‌کننده N-Z با درصد وزنی ۱٪ در آب مقطر با وجود اینکه توانسته زاویه تماس سطوح کربناتی را بیشتر از سایر محلول‌ها افزایش دهد اما در کاهش آب دوستی و نفت دوستی مغزه آن چنان موفق نبوده است. چنین تفاوتی در تغییر تر شوندگی ورقه‌های مسطح با مغزه در برخی دیگر از مقاله‌ها نیز مشاهده شده است. [۸]

از آنجایی که بیشتر مخازن گاز میعانی در دمای ۱۲۷°F تا ۲۵۰°F قرار دارند [۱۰]، آزمایش زاویه تماس قطره آب و نرمال دکان را یک بار دیگر روی سطحی که با فعال‌کننده Z و حلال اتانول، فعال شده است در دمای ۹۰°C انجام داده‌ایم بطوریکه سنگ روی یک گرم کن فلزی با دمای مذکور قرار گرفته است، سپس قطره روی سطح قرار می‌گیرد و در نهایت زاویه تماس محاسبه خواهد شد. زاویه تماس قطره آب و نرمال دکان محاسبه شده به ترتیب ۱۱۹° و ۶۸° اندازه گیری شده است که پایداری فعال‌کننده را تحت دمای فوق در کاهش ترشوندگی نشان می‌دهد. همچنین مغزه فعال شده با فعال کننده نوع Z و اتانول را بمدت ۴۸ ساعت در دمای ۹۰°C قرار دادیم و پس از آن یک قطره آب و نرمال دکان را روی تمامی سطوح آن گذاشتیم، مشاهده می‌شود باز هم قطره‌ها در مغزه نفوز نمی‌کنند و زاویه تماس خود را با سطوح مغزه حفظ می‌کنند.

۴- نتیجه‌گیری

سطوح کربناتی گرفته شده از سنگ‌های مخزن آسماری را با محلول‌های گوناگونی فعال کردیم و این نتیجه گرفته شد که محلول حاوی فعال‌کننده Z با درصد وزنی ۱٪ در اتانول و فعال‌کننده N-Z با درصد وزنی ۱٪ در آب مقطر، بیشترین مقدار زاویه تماس را بین آب نمک و سنگ یا نرمال دکان و سنگ ایجاد می‌کنند. از هر دو محلول در فعال کردن مغزه‌ها استفاده کردیم و به این نتیجه رسیدیم فعال‌کننده Z به همراه اتانول بسیار بیشتر از گروه دیگر می‌تواند در تغییر ترشوندگی سنگ‌هایی با مقیاس بزرگتر موثر باشد و در نهایت این ترکیب می‌تواند با تغییر آبدوستی سنگ به گاز دوستی متوسط در جلوگیری از پدیده انسداد میعانی رایج در مخازن گاز میعانی و افزایش برداشت گاز و میعانات از این مخازن کمک بسیاری کند. پیشنهاد می‌شود جهت کسب اطمینان بیشتر از این ترکیب در آزمایش سیلاب زنی مغزه استفاده شود تا تاثیر آن بر افزایش نفوذپذیری سنگ‌های مخازن مشاهده گردد.

مراجع

[1] Fan, L., Harris, B.W., Jamaluddin, A., Kamath, J., Mott, R., Pope, G.A., Shandrygin, A., Whitson., C.H., (Winter 2005/2006), "Understanding Gas-Condensate Reservoirs", Schlumberger Oil Field Review.

[2] Kissa, E., (2001), "Fluorinated Surfactants and Repellents", second edition, Marcel Dekker, New York.

[3] Hoier, L., Cheng, N. and Whitson, C.H., (2004), "Miscible Gas Injection in Understanding Gas-Oil Systems", Paper SPE 90379.

[4] Kumar, R., (2000), "Productivity Improvement of Gas-Condensate Wells by Fracturing", MS thesis, University of Texas at Austin.

[5] Al-Anazi, H.A., Walker, J.G., Pope, G.A., Sharma, M.M. and Hackney, D.F., (2005), "A Successful Methanol Treatment in a Gas-Condensate Reservoir: Field Application", Paper SPE 80901.

[6] Li, K. and Firoozabadi, A., (2000), "Phenomenological Modeling of Critical Condensate Saturation and Relative Permeabilities in Gas/Condensate Systems" paper SPE 56014.

[7] Tang, G.Q. and Firoozabadi, A., (2002), "Relative Permeability Modification in Gas/Liquid Systems Trough Wettability Alteration to Intermediate Gas-Wetting", Paper SPE 81195.

[8] Adibhatla, B., Mohanty, K.K., Berger, P. and Lee, C., (2006), "Effect of surfactants on wettability of near-wellbore regions of gas reservoirs" Journal of Petroleum Science and Engineering 52, 227–236.

[۹] عادل‌زاده، م، (۱۳۸۷)، "خواص سنگ‌های مخازن نفت و گاز"، جلد دوم، انتشارات راه نوین.

[10] Craft, B.C., Hawkins M., (1991) ,"Applied Petroleum Reservoir Engineering", second edition, Prentice Hall PTR.