Archive of SID

بررسی بازیافت نفت در سناریوهای مختلف تزریق گاز در مغزه با استفاده از شبیه ساز ترکیبی

محمدرضا مرادی [۱]، ریاض خراط [۲] ،محمد بیدریغ [۳] ، محمود طاهری زاده [۴] ، علی داسمه [۵]

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران ، دانشکده مهندسی نفت

Mohammadreza_moradi@hotmail.com

چکیده

با توجه به اهمیت بالای روش های ازدیادبرداشت نفت در صنعت نفت و هزینه های گزاف در این زمینه برای کاهش خطا و جلوگیری از ضررهای مالی گزاف قبل از انجام ازدیادبرداشت در میدان نفتی ،درابتدا میدان را شبیه سازی می نمایند و از طریق شبیه سازی روش های ازدیادبرداشت ،روشی بهینه را برای میدان مورد بررسی انتخاب می نمایند .از این رو اهمیت شبیه سازی در صنعت نفت بر کسی پوشیده نیست.ما در این مطالعه به بررسی روش های مختلف تزریق گاز پرداخته و در نهایت روش را بهینه ازدیادبرداشت را یافته و پارامترهای موثر را برای رسیدن به بالاترین بازیافت مورد بررسی قرار می دهیم. در این مطالعه به دلیل محدودیت ها شبیه سازی مغزه در سیستم کارتزین بوده که ممکن است از دقت نتیجه گیری ما بکاهد.در این مطالعه ما از نرم افزار ترکیبی Eclipse300,PVTi استفاده نمودیم.در این مطالعه در مرحله اول بهترین بازیافت نفت در فشار غیرامتزاجی مربوط به تزریق همزمان آب و گاز با ٪ ۵۲/۳۲ شدو کمترین میزان بازیافت نفت به تزریق آب با ٪ ۲۸ /۷۳ به دست آمد.در بررسی پارامترهای تزریق همزمان آب و گازبهینه ترین فشار تزریق ۳۰۸۷ psi با ٪۸۱ بازیافت نفت حاصل شد.بهینه ترین دبی تزریق کل ۰/۲۶۶۶ cc/min با٪ ۸۹ بازیافت و جریان جزئی بهینه گاز ۰/۶۶۶۶با٪ ۹۴ بازیافت به دست آمد.

کلمات کلیدی:تزریق همزمان آب و گاز،فشار غیرامتزاجی،دبی تزریق و شبیه سازی.

---

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد پژوهشی مهندسی نفت دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

[۲] عضوهیئت علمی دانشگاه صنعت نفت

[۳] کارشناس ارشد مهندسی مخازن هیدروکربوری

[۴] دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم

[۵] دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

در سال ۱۹۷۷ ،وارنر مطالعه شبیه سازی به منظور بررسی سیلاب زنی امتزاجی دی اکسیدکربن در مخزنی فرضی انجام داد. هدف از این مطالعه به دست آوردن میزان بازیافت ثالثیه نفت ناشی از سیلاب زنی دی‌اکسیدکربن،یافتن بهترین فرآیند تزریق دی‌اکسیدکربن در میدان و حساسیت سنجی پارامترهای مخزن در سیلاب زنی دی‌اکسیدکربن بود. او چهار فرآیند تزریق پیوسته دی‌اکسیدکربن دی‌اکسیدکربن به صورت حبابی،تزریق متناوب با آب و همزمان با آب در نظر گرفت. بالاترین بازیافت نفت درتزریق همزمان آب و گاز با٪۵۰ بازیافت و تزریق متناوب آب و گاز با٪۳۸ بازیافت دومین و دو فرآیند دیگر به یک اندازه و بازیافت ضعیفی تنها٪ ۲۵-۲۰ مشاهده‌شد.[۱] در سال ۱۹۹۶ سورگوچو و همکارانش مقایسه ای از روشهای مختلف IOR در میدان نروژ شامل سیلاب زنی آب، تزریق گاز و همچنین روشهای مرسوم EOR مانند سیلاب زنی پلیمر و سورفاکتانت که کاملا موثر نبودند در این میدان ارائه دادند. برای مقایسه کاربرد سه روش پیشرفته IOR : تزریق متناوب آب و گاز ، تزریق متناوب سورفاکتانت با گاز و تزریق همزمان آب و گاز از شبیه ساز سه بعدی مخزن (STARS) استفاده نمود. افزایش در بازیافت نفت پس از فرآیند تزریق متناوب آب و گاز در صورتیکه کاهش تراوایی رخ ندهد می‌تواند بیش از٪ ۲۸از نفت درجای اولیه باشد. اما اگر کاهش تراوایی داشته باشیم، فرآیند تزریق همزمان آب و گاز بهتر است و تقریبا می‌تواند٪ ۳۴ از نفت درجای اولیه را بازیافت کند.[۲] در سال ۲۰۰۳ غربی، مطالعه ای به منظور یافتن بهترین روش ازدیادبرداشت برای میدان مورد مطالعه با استفاده از شبیه ساز سه بعدی انجام داد. این مطالعه شامل سه فرآیند امکانپذیر: تزریق متناوب آب و گاز، تزریق همزمان آب و گاز و تزریق آب در بالا و گاز در پایین می‌باشد. میدان در سال ۱۹۷۲ کشف شده به وسیله رانش انبساطی همراه با سفره آبی ضعیف توسط تزریق آب که از اوایل ۱۹۸۰ شروع شد تولید می‌کرد. نتایج مقدماتی شبیه سازی نشان داد که تزریق امتزاجی دی‌اکسیدکربن مناسب است. اما برخی مشخصات که مختص تزریق دی‌اکسیدکربن مانند نسبت تحرک نامطلوب آب-گاز، راندمان روبشی ضعیف و تولید زودهنگام مانع به کارگیری این روش شد و مطالعات ضروری را شامل شد.در نهایت پس از شبیه سازی های متعدد بهترین روش ازدیادبرداشت نفت برای این میدان تزریق آب در بالا و گاز در پایین با استفاده از چاههای تزریقی افقی و چاههای تولیدی عمودی می‌باشد. چاه تزریقی آب ft ۵۰ بالای مخزن در حالیکه چاه تزریقی گاز ft ۵۰ پایین مخزن قرار می‌گیرد.[۳]استون در سال ۲۰۰۴ روشی تکمیلی برای تزریق همزمان آب و گاز که منجر به افزایش عمر مخزن می شد معرفی نمود.این روش شامل تزریق آب در بالای مخزن با دبی بالا و گاز بطور همزمان در پایین بود.این مطالعه نشان داد که دبی تزریقی آب و گاز به ضخامت مخزن وابسته نسیت و تنها عامل محدود کننده فشار شکاف می‌باشد. بنابراین استفاده از چاههای افقی برای تزریق همزمان آب و گاز مطلوب تر است از آنجاییکه دبی تزریقی بالاتر بازیافت بالاتری هم به دنبال خواهد داشت.[۴]در سال ۲۰۰۷ الغریب و همکارانش مطالعه ای مشابه غربی با استفاده از الگوه چاه های مشابه،استراتژی تزریق ،شبیه سازی را ادامه دادند.آن ها این مطالعه را به منظور پارامترهای موثر بر تزریق همزمان آب و گاز مانند نسبت تحرک پذیری موثر آب به نفت، نسبت ویسکوزیته بین نفت و گاز، موقعیت آب و گاز تزریقی و دبی تزریقی انجام دادند.آن ها دریافتند که هر چه نسبت ویسکوزیته گاز به نفت بالاتر باشد بازیافت بالاتری را نیز به دنبال دارد.همچنین افزایش در نسبت تحرک آب به نفت منجر به کاهش بازیافت می‌شود زیرا مقدار زیادی از نفت جاروب نمی‌شود. آنها دریافتند که تزریق آب با دبی بالا مانع جدایش ثقلی گاز شده و بنابراین منجر به بازیافت بالاتر نفت می گردد اما جابجایی ناپایدار و تولید سریع آب در طول تزریق آب با دبی بالا قابل توجه است. دبی بالای تزریق گاز نیز منجر به بازیافت بالاتر نفت می گردد.[۵]

www.SID.ir

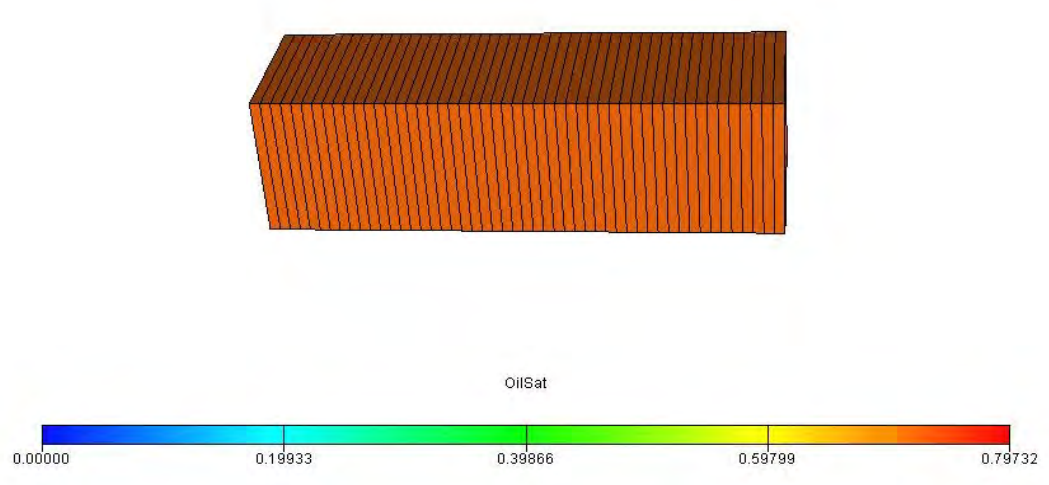
Archive of SID

۲- مشخصات مغزه و نفت مورد مطالعه

۲-۱- مشخصات مغزه

SWi	طول(cm)	عرض(cm)	ارتفاع (cm)	تراوایی(md)	تخلخل(٪)
۰/۱۸	۱۲/۵	۳/۸	۳/۸	۰/۸۷	۱۳/۹

برای شبیه سازی فرآیندهای تزریق پیوسته آب،تزریق پیوسته گاز، تزریق متناوب آب و گازو تزریق همزمان آب و گاز، مدل سه بعدی و استاتیک مغزه با استفاده از نرم افزار FloGrid طراحی و ساخته شده است.این مغزه به صورت کارتزین طراحی شده است.تصویر مغزه طراحی شده توسط نرم افزار در شکل ۱ آورده شده است.



شکل۱-مغزه گریدبندی شده به صورت کارتزین

۲-۲- خصوصیات مدل استاتیکی مغزه

مشخصات استاتیکی مغزه در جدول۱ آورده شده است.

www.SID.ir

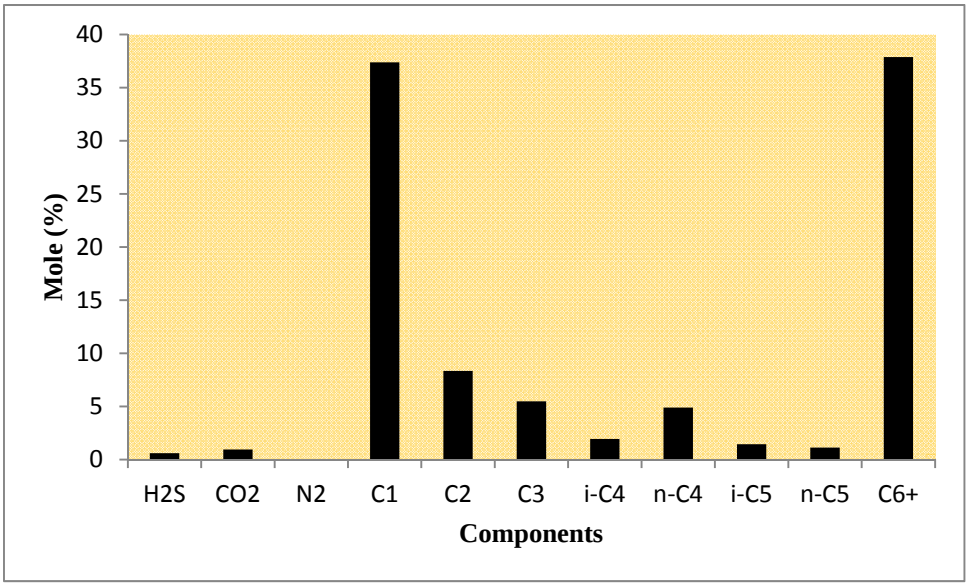
Archive of SID

جدول۱- مشخصات استاتیکی مغزه

تعداد گرید ها در جهت Z	تعداد گرید ها در جهت Y	تعداد گریدها در جهت X
۱	۱	۵۰

۲-۲- خصوصیات نفت مورد مطالعه

اجزا تشکیل دهنده نفت مورد مطالعه در شکل ۲ آورده شده است.



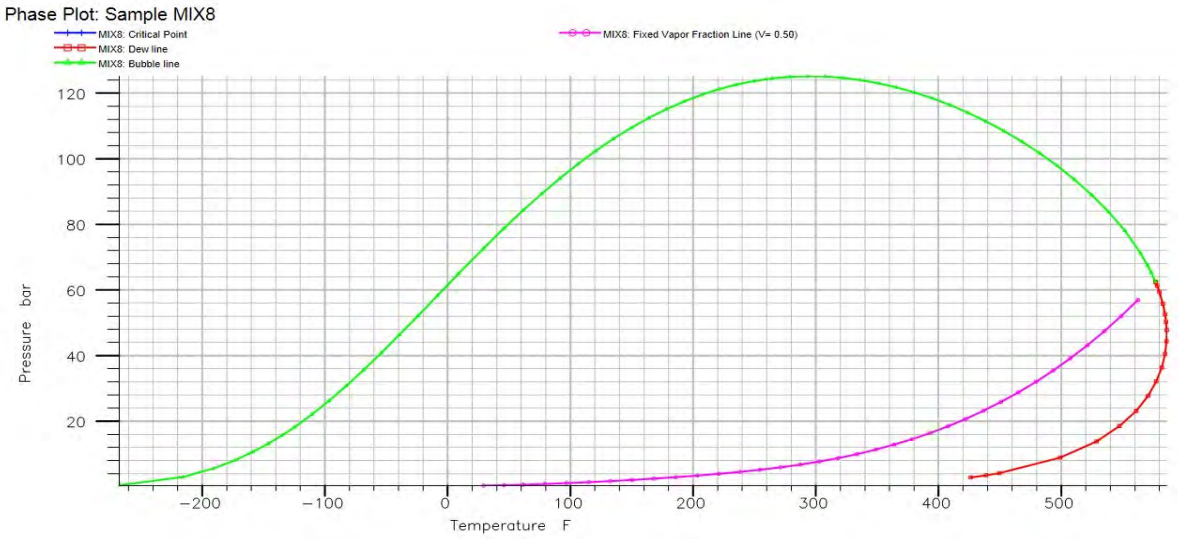
شکل۲- آنالیز نفت مورد مطالعه

۳-نتایج شبیه سازی تحت سناریوهای مختلف

در این مرحله ابتدا اجزای تشکیل دهنده نفت را وارد نرم افزار PVTi نموده و خصوصیات سیال و دیگر پارامترهای اولیه را با استفاده از نرم افزار به دست می آوریم و در انتها از نرم افزار PVTi برای استفاده در نرم افزار ECLIPSE 300 خروجی می گیریم.شکل۳ نمودار فازی نفت را که توسط نرم افزار به دست آمده است را نشان می دهد.

www.SID.ir

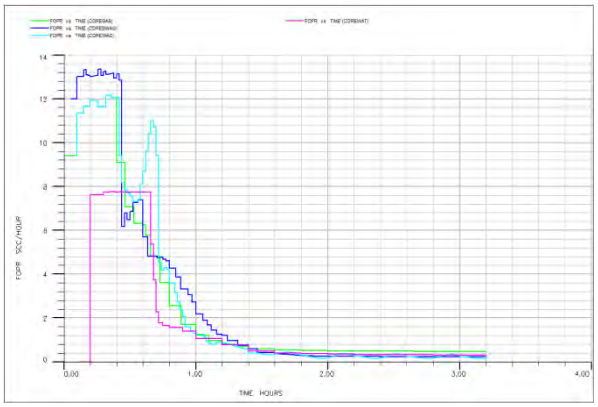
Archive of SID



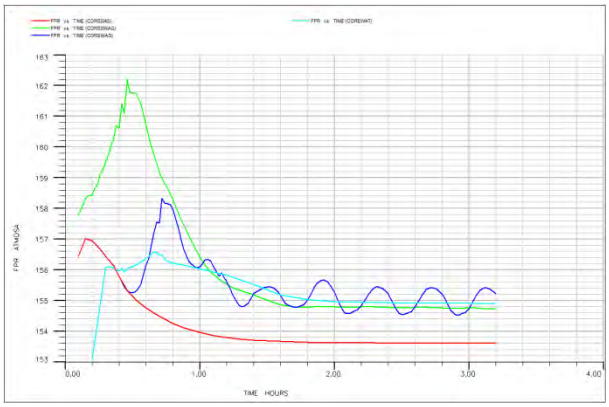
شکل۳-نمودار فازی سیال

۳-۱- بررسی سناریوهای مختلف تزریق به منظور یافتن بهترین سناریو

در این مرحله در شرایط فشاری و دمایی و دبی کل یکسان تمامی سناریوهای تزریق را به منظور یافتن بهترین سناریو بررسی می کنیم.ما ۴سناریو تزریق پیوسته گاز،تزریق پیوسته آب،تزریق متناوب آب و گاز و تزریق همزمان آب و گاز را در این مرحله مورد بررسی قرار می دهیم.در این مرحله فشار تمام آزمایش ها ۲۲۵۰ psi ،دما ۹۶ درجه سانتیگراد و دبی کل تزریق برای همه آزمایش ها ۰/۳۵ cc/min می باشد.برای تزریق های متناوب و همزمان آب و گاز نیز نسبت ۱:۱ برای آب و گاز استفاده شده است.با توجه به نتایج حاصل از شبیه ساز بهترین سناریوی تزریق برای این میدان تزریق آب و گاز همزمان با٪ ۵۲/۳۲ و کمترین میزان بازیافت متعلق به تزریق آب با٪ ۲۸ /۷۳ بود.تزریق های انجام شده همگی در فشار غیرامتزاجی بوده اند.در تزریق متناوب آب و گاز ما٪ ۴۹/۵۵ و در تزریق پیوسته گاز٪ ۴۷/۵۱ بازیافت نفت داشته ایم.در شکل ۴ نمودار دبی تولید نفت بر حسب زمان برای هر ۴سناریوی تزریق نشان داده شده است.در شکل ۵ فشار کل آزمایش بر حسب زمان نشان داده شده،در شکل۶ نسبت گاز به نفت تولیدی در چاه تولیدی و در شکل ۷ میزان برش آب در چاه تولیدی برای سناریوها نشان داده شده است.



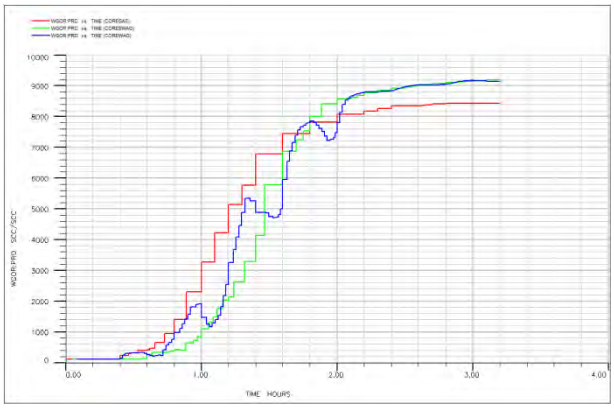
شکل۴-دبی تولید نفت بر حسب زمان



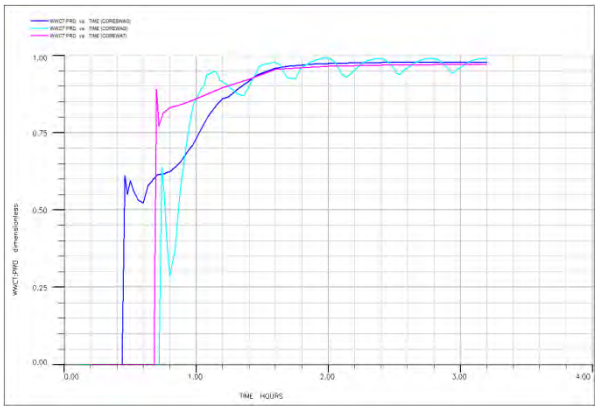
شکل۵-فشار کل بر حسب زمان

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۶-نسبت گاز به نفت تولیدی



شکل۷-برش آب در چاه تولیدی

۳-۲- بررسی پارامترهای موثر در تزریق همزمان آب و گاز

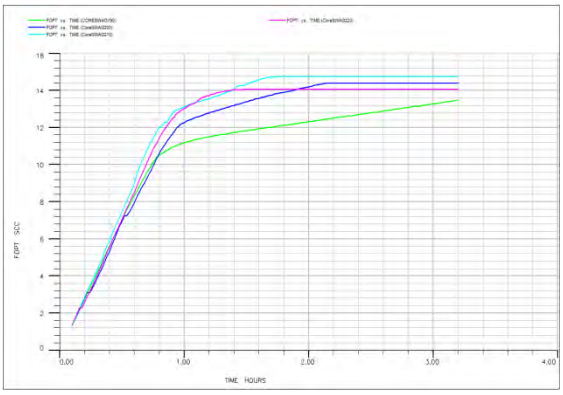
در این قسمت به مطالعه بر روی پارامترهای موثر بر فرآیند تزریق همزمان آب و گاز می پردازیم.پارامترهای مورد مطالعه در این قسمت عبارتند از دبی تزریق کل،جریان جزئی گاز و فشار تزریق که در ادامه نتایج این مطالعه را خواهید دید.

۳-۲-۱- بررسی فشارهای مختلف برای یافتن فشار تزریق بهینه

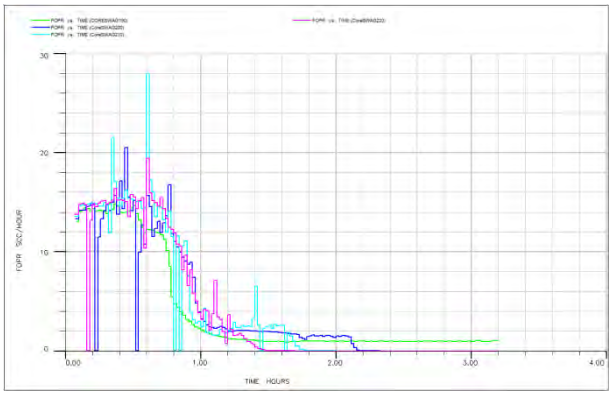
در این قسمت ابتدا باید حداقل فشار امتزاجی گاز دی اکسیدکربن و نفت مورد مطالعه را به دست آوریم.که به سه روش به دست می آید.۱-روابط تجربی و نمودارهای تجربی ۲-استفاده از شبیه ساز لوله قلمی ۳-استفاده از لوله قلمی در آزمایشگاه که ما در این مطالعه از شبیه ساز لوله قلمی و با استفاده از نرم افزار PVTp از مجموعه نرم افزاری IPM استفاده نمودیم.حداقل فشار امتزاجی برای تزریق دی اکسید کربن ۲۷۹۳ psi به دست آمد.ما در فشارهای ۲۷۹۳ psi، ۲۹۴۰psi، ۳۰۸۷psi و ۳۲۳۴psi دی اکسید کربن را به منظور یافتن فشار بهینه تزریق نمودیم.در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده فشار بهینه ۳۰۸۷ psi با ٪۸۱ بازیافت نفت به دست آمد.شکل۸کل نفت تولیدی بر حسب زمان برای فشارهای مورد مطالعه را نشان می دهد.همانطور که از شکل۸ پیداست بیشترین نفت در فشار۳۰۸۷ psi و پس از آن به ترتیب متعلق به فشارهای ۲۹۴۰ psi، ۳۲۳۴ psi و۲۷۹۳ psi با٪ ۷۹،٪۷۸و٪۷۵ می باشد.شکل۹ نشان دهنده دبی تولید نفت مغزه می باشد.که به ترتیب شکل قبل دبی تولید نفت کاهش می یابد.شکل۱۰ فشار کل مغزه می باشد که به ترتیب از زیاد به کم ۳۲۳۴psi،۳۰۸۷psi،۲۹۴۰psi و ۲۷۹۳psi می باشند.شکل۱۱نسبت گاز به نفت تولیدی در خروجی از مغزه را نمایش می دهدکه نسبت گاز خروجی به نفت تولیدی در فشار۳۰۸۷ psi پس از ۲ساعت به صورت چشم گیری افزایش می یابد.پس از آن ′۱:۳۰ در فشار ۳۲۳۴psi وپس از آن۲۹۴۰ psi در ′۲:۱۲ گاز به نفت ما افزایش می یابد.شکل ۱۲ میزان برش آب در خروجی مغزه را نشان می دهد.که در ۳۲۳۴psi پس از ′۱:۳۰ ،در فشار ۳۰۸۷ پس از ′۱:۴۸برای فشار۲۹۴۰ psi پس از ′۲:۱۲ میزان برش آب آنقدر زیاد است که منجر به قطع تولید نفت می گردد.

www.SID.ir

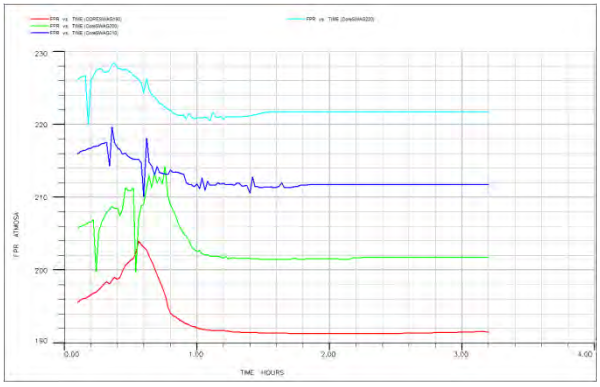
Archive of SID



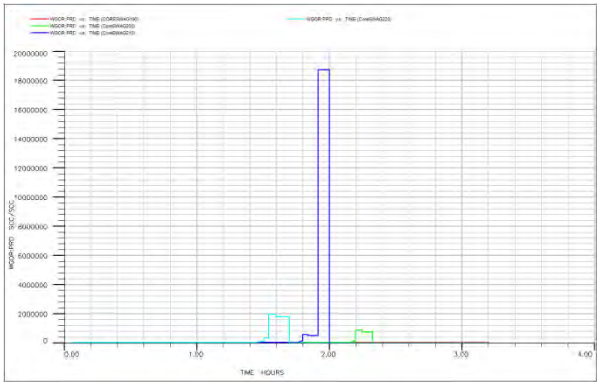
شکل۸- کل نفت تولیدی بر حسب زمان



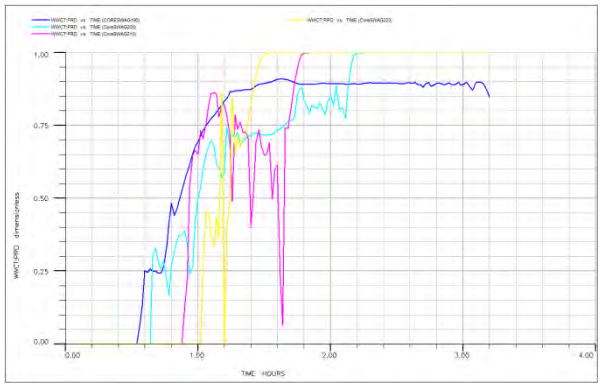
شکل۹- دبی تولید نفت بر حسب زمان



شکل۱۰- فشار کل بر حسب زمان



شکل۱۱-نسبت گاز به نفت تولیدی



شکل۱۲-برش آب در چاه تولیدی

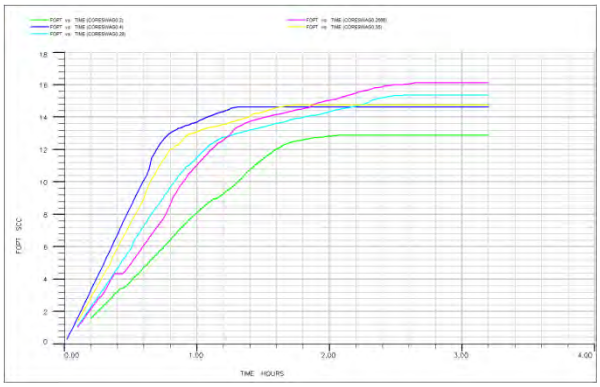
۳-۲-۲- بررسی دبی های مختلف برای یافتن دبی تزریق بهینه

در این بخش به دنبال دبی تزریق کل بهینه برای تزریق آب و گاز هستیم به نحوی که بیشترین راندمان را داشته باشیم.دبی تزریق های کل زیادی را در این بخش ارزیابی کردیم که نتایج برخی از آن ها را در شکل می بینید.در نهایت دبی تزریق کل ۰/۲۶۶۶ cc/min معادل ۱۶cc/hr به عنوان بهترین دبی انتخاب گردیددر این دبی تزریق در فشار ۳۰۸۷ ما ٪۸۹ بازیافت نفت داشتیم.شکل۱۳کل نفت تولیدی در

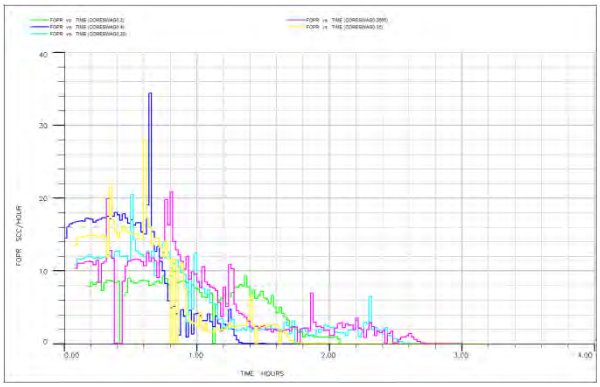
www.SID.ir

Archive of SID

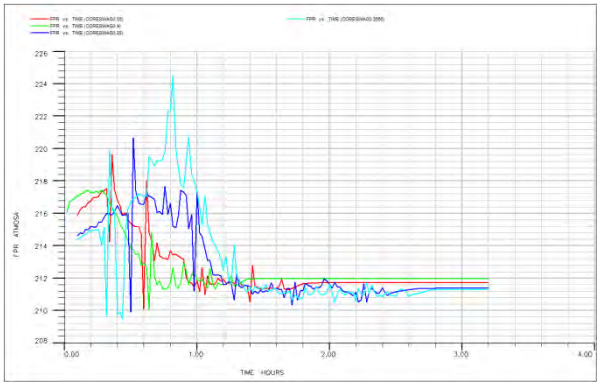
دبی های مختلف بر حسب زمان را نشان می دهد.که پس از دبی بهینه دبی ۰/۲۸ cc/min ، ۰/۳۵ cc/min ، ۰/۴ cc/min و ۰/۲ cc/min قرار می گیرند.شکل۱۴ دبی تولید نفت بر حسب زمان را به ما نشان می دهد که با این که دبی تولید با دبی ۰/۴ در ابتدا بیشتر بوده اما در نهایت ۰/۲۶۶۶ بیشترین دبی تولید نفت را به ما می دهد.شکل۱۵ فشار کل بر حسب زمان را به ما نشان می دهد که فشار با دبی ۰/۲۶۶۶ بیشترین افت فشار در ابتدای مسیر دارد که در انتها از بقیه افت ها کمتر می گردد.شکل ۱۶نسبت گاز به نفت تولیدی را نشات می دهد که بیشترین مقدار تولید گاز در ۰/۳۵ پس از ۲ساعت تزریق ایجاد شده است.پس از آن ۰/۲۸پس ار ۳ ساعت و پس از آن ۰/۴ پس از ۱/۳۰ ودر انتها ۰/۲۶۶۶ در ۳ ساعت با مقدار گاز کمتر نسبت به نفت قرار دارند.شکل۱۷ میزان برش آب را در دبی های مختلف نشان می دهد.اولین برش آب مربوط به ۰/۴ و پس از آن ۰/۳۵ و ۰/۲۸ و۰/۲۶۶۶ قرار دارند.



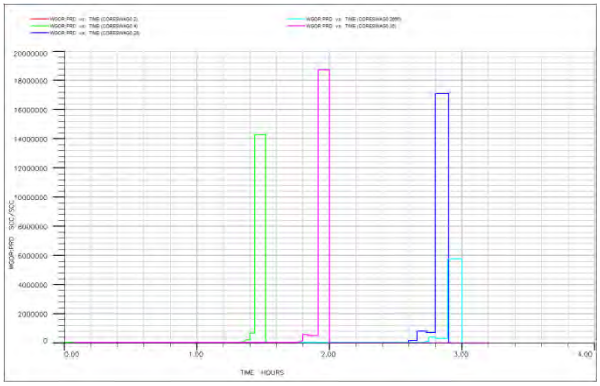
شکل۱۳-کل نفت تولیدی بر حسب زمان



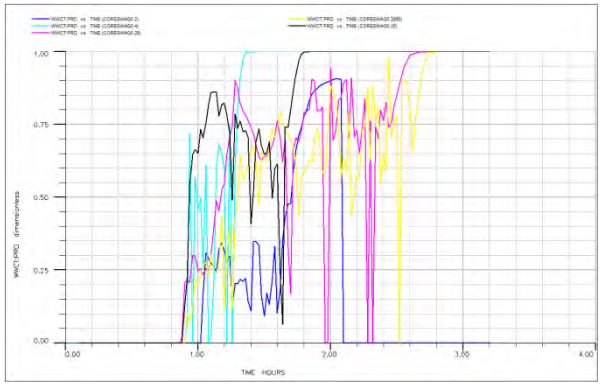
شکل۱۴-دبی تولید نفت بر حسب زمان



شکل۱۵- فشار کل بر حسب زمان



شکل۱۶- نسبت گاز به نفت تولیدی



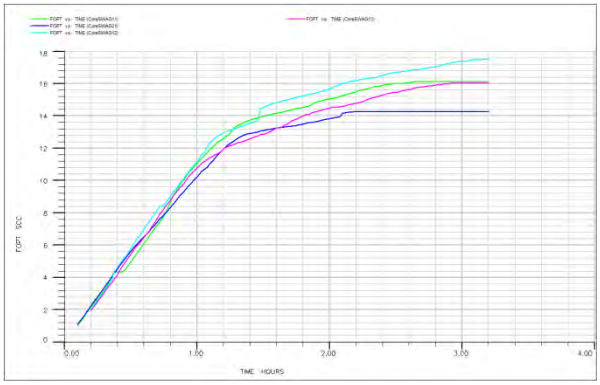
شکل۱۷- برش آب در چاه تولیدی

www.SID.ir

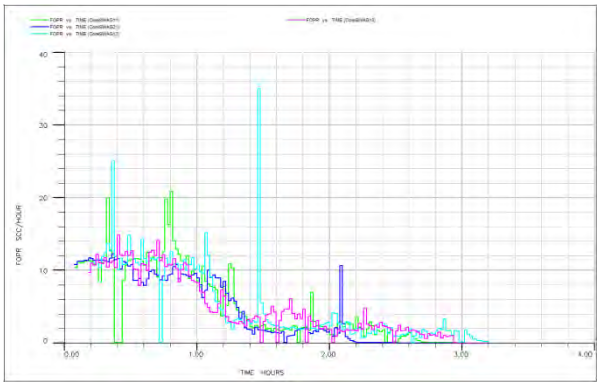
Archive of SID

۳-۲-۳- بررسی جریان جزئی های مختلف گاز برای یافتن جریان جزئی بهینه

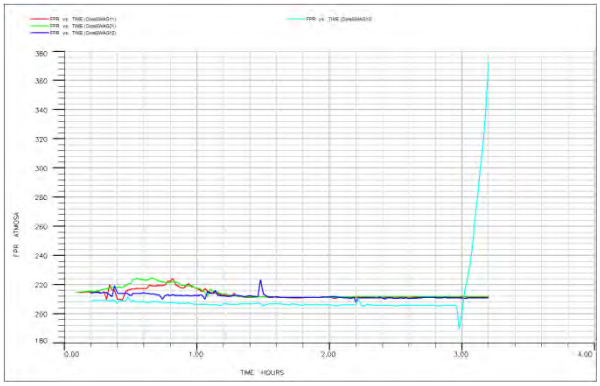
در این قسمت در شرایط بهینه ای که در قسمت های قبل به دست آوردیم به دنبال جریان جزئی بهینه می گردیم.در این قسمت نیز جریان جزئی های مختلفی را مورد بررسی قرار دادیم که در نهایت برخی از آن ها را در شکل----می بینید.همان گونه که در شکل می بینید جریان جزئی گاز با مقدار ۰/۶۶۶۶ یا به عبارتی نسبت ۲به ۱ برای گاز به آب دارای بالاترین میزان بازیافت به مقدار٪ ۹۴ می باشد. شکل۱۸ کل نفت تولیدی برای جریان جزئی های مختلف را نشان می دهد.شکل۱۹ دبی تولید نفت را نشان می دهد که جریان جزئی ۰/۶۶۶۶بیشترین و پس از آن جریان جزئی ۰/۵ قرار دارد.شکل۲۰ فشار کل مغزه را در جریان جزئی های گوناگون نشان داده شده است.که تزریق همزمان با نسبت ۱ به ۳پس از ۳ ساعت به شکل عجیبی افزایش می یابدولی بقیه جریان جزئی ها در یک سطح هستند. شکل۲۱ نسبت گاز تولیدی به نفت را برای جریان جزئی های مختلف نشان می دهد.که بیشترین مقدار آن متعلق به جریان جزئی گاز ۰/۵ بود که پس از ۳ ساعت افزایش چشم گیری داشت.پس از آن جریان جزئی ۰/۳۳۳ قرار دارد که پس از ۲/۲۰ دقیقه گاز زیادی تولید می کند.شکل ۲۲ میزان برش آب در خروجی مغزه را نشان می دهد که ۰/۳۳۳ بیشترین برش آب را داشت که پس از۲/۱۵ دقیقه برش آب معادل ۱ شد که منجر به مسدود شدن تولید نفت گردید.پس از آن جریان جزئی ۰/۵ پس از ۲ساعت و ۴۵ دقیقه به برش آب کامل و منجر به مسدود شدن تولید نفت گردید.



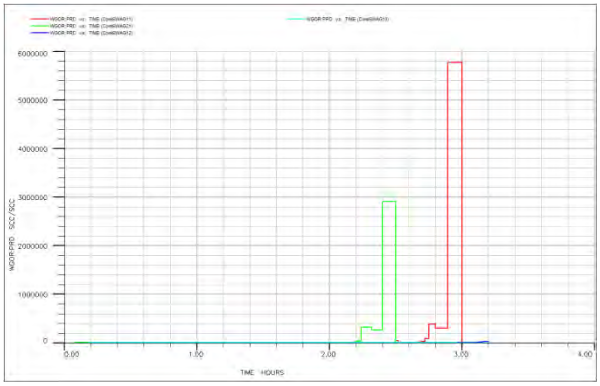
شکل۱۸-کل نفت تولیدی بر حسب زمان



شکل۱۹- دبی تولید نفت بر حسب زمان



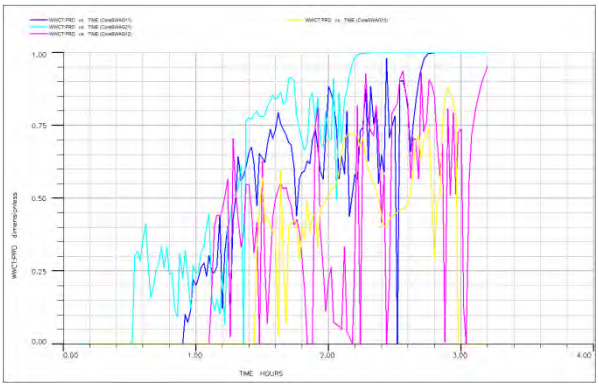
شکل۲۰-فشار کل بر حسب زمان



شکل۲۱- نسبت گاز به نفت تولیدی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲۲- برش آب در چاه تولیدی

نتیجه گیری

۱-بهترین سناریوی تزریق برای میدان مورد مطالعه تزریق همزمان آب و گاز می باشد.

۲-حداقل فشار امتزاجیpsi ۲۷۹۳ به دست آمد که تزریق بالای این فشار منجر به افزایش بازیافت نفت می گردد.

۳-فشار بهینه با توجه به نتایج psi ۳۰۸۷.با٪ ۸۱ بازیافت نفت می باشد.

۴-دبی تزریق کل بهینه با توجه به نتایج cc/min ۰/۲۶۶۶با٪ ۸۹ بازیافت نفت به دست آمد.

۵-جریان جزئی گاز بهینه ۰/۶۶ با٪ ۹۴ بازیافت نفت به دست آمد.

منابع

[1]Warner Jr., H.R. 1977. An Evaluation of Miscible CO2 Flooding in Waterflooded Sandstone Reservoirs. SPE Journal of Petroleum Technology 29 (10): 1339-1347. 6117-P.

[2]Surguchev, L.M., Hanssen, J.E., Johannessen, H.M. et al. 1996. Modelling Injection Strategies for a Reservoir with an Extreme Permeability Contrast: IOR Qualification. Paper presented at the European 3-D Reservoir Modelling Conference, Stavanger, Norway. 35504-MS.

[3]Gharbi, R.B.C. 2003. Integrated Reservoir Simulation Studies to Optimize Recovery from a Carbonate Reservoir. Paper presented at the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Jakarta, Indonesia. 80437-MS.

[4] Stone, H.L. 2004. A Simultaneous Water and Gas Flood Design with Extraordinary Vertical Gas Sweep. Paper presented at the SPE International Petroleum Conference in Mexico, Puebla Pue., Mexico. 91724-MS.

[5] Algharaib, M.K., Gharbi, R.B., and Al-Ghanim, W. 2007a. The Performance of a SWAG Process in Oil Recovery Operations. Paper presented at the Saudi Arabia Technical Symposium, Dhahran, Saudi Arabia. 110962-MS.

www.SID.ir