Archive of SID

مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
تهران، ۲۹ خرداد ماه ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
تلفن: ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱ www.Reservoir.ir

بررسی بازیافت نفت از یک بلوک ماتریکس در اثر تزریق گاز، توسط مکانیسم ریزش ثقلی و مقادیر مختلف اعداد مویینگی و باند

مصطفی کرمی[۱]
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امیدیه، گروه مهندسی نفت، امیدیه، ایران
mostafa.karami3000@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه آزمایش های ریزش ثقلی به صورت تزریق گاز از بالا در یک بلوک ماتریکس با تغییر در مشخصه های فیزیکی و عملیاتی از جمله تغییر ارتفاع بلوک، نفوذپذیری و اثر فشار مویینگی انجام شده است. تغییر این پارامترها که منجر به تغییر اعداد بدون بعد مویینگی و باند می شود در این مطالعه مورد توجه قرار گرفته است. نتایج این مطالعه که با استفاده از نرم افزارهای Eclipse-300 و Petrel انجام گرفته به صورت نمودارهایی ارائه شده اند که نشان می دهد میزان بازیافت نفت با عدد باند رابطه مستقیم و با عدد مویینگی رابطه عکس دارد، هم چنین با ارتفاع بلوک و میزان تراوایی آن نسبت مستقیم و با میزان نیروی مویینه (کشش سطحی) نسبت معکوس دارد. به علاوه، نتایج نشان می دهند که ارزیابی کلی تولید برای تمام نکات مورد مطالعه، تنها و به کمک یکی از اعداد بدون بعد امکان پذیر نیست.

واژه‌های کلیدی: ریزش ثقلی، تزریق گاز، عدد مویینگی، عدد باند، بازیافت نهایی، بلوک ماتریکس

www.Reservoir.ir

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مخازن هیدروکربوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

همواره درون مخزن جدالی بین نیروهای مویینه ، ویسکوز و نیروی ثقلی وجود دارد. نیروی مویینه تابعی از خصوصیات سیال و مشخصات محیط متخلخل است که در مکانیزم تزریق گاز به عنوان نیروی مقاوم عمل می کند. نیروی ویسکوز ناشی از نیرویی است که به هنگام تزریق ایجاد می شود و نیروی ثقلی نیز به علت نیروی جاذبه و دانسیته سیال بوده که همواره در حالت تزریق گاز به شکل عمودی وجود دارد. دبی بحرانی تزریق دبی ای است که در آن تاثیر متقابل این سه نیرو بر یکدیگر به گونه ای است که بیش ترین بازیافت نفت از مخزن صورت می گیرد. از آن جا که رژیم جریان سیال درون محیط متخلخل مخزن آرام بوده و باتوجه به این که عدد مویینگی آن نیز معمولا کم تر از $۱۰^{-۴}$ است (این عدد در بعضی موارد در اطراف دهانه چاه حداکثر به $۱۰^{-۴}$ می رسد)، بنابراین برای شبیه سازی حرکت سیال درون مغزه در شرایط آزمایشگاه، با شرایط مخزن باید N_c درون مغزه با شرایط مخزن هم خوانی داشته باشد. نسبت نیروهای گرانروی و مویینگی را اصطلاحاً عدد مویینگی می نامند که کنترل کننده جریان بین شکاف و ماتریس می باشد. فرمول های مختلفی برای N_c در محیط متخلخل ارائه شده است.
متداول ترین فرمول ها برای عدد مویینگی (N_c) به صورت ذیل است:

$$N_c = \frac{\mu v}{\sigma}$$

یا

$$N_c = \frac{\Delta P K}{L \sigma}$$

که در آن ها:

μ: ویسکوزیته(cp)

v: سرعت(cm/s)

σ: کشش سطحی(dyne/cm)

ΔP: اختلاف فشار(bar)

K: نفوذ پذیری(Darcy)

L: طول(cm)

این واضح است که هرچه آزمایش ها در عدد مویینگی های (N_c) پایین تر انجام شود، شرایط آزمایش ها به شرایط مخزن نزدیک تر و به تبع آن نتایج به دست آمده از آزمایش ها معتبر تر خواهد بود. البته با توجه به این که در آزمایش های تزریق گاز، گاز نسبت به نفت فاز غیر ترکننده می باشد بنابراین فرآیند تزریق یک فرآیند تخلیه خواهد بود. در نتیجه برای انجام آزمایش ها نیاز به حداقلی از فشار (دبی) است تا شرایط تزریق و تولید گاز درون مغزه فراهم شود. از این رو باید حداقلی از N_c وجو داشته باشد که کم تر از آن عملا انجام آزمایش های تزریق گاز امکان پذیر نباشد.

اثر فرآیند ریزش ثقلی در بازیافت ازمخازن

www.SID.ir

Archive of SID

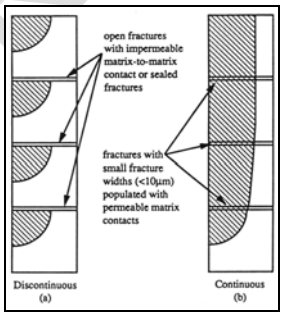
در مخازن شکافدار مکانیسم ریزش ثقلی می تواند در برداشت نفت از بلوک های ماتریکس کم تراوا با ارتفاع زیاد نقش اساسی داشته باشد. افزایش اختلاف سطح تماس نفت و گاز در شکاف نسبت به ماتریکس سبب پیشی گرفتن نیروی گراویته نسبت به نیروی مویینگی و در نتیجه فعال شدن مکانیسم ریزش ثقلی و خارج شدن نفت موجود در بلوک می گردد.

تاثیر تزریق گاز C_{O2} در فرآیند ریزش ثقلی

بررسی اثر تزریق گاز C_{O2} بر فرآیند ریزش ثقلی یکی از موضوعاتی است که محققین زیادی در مورد آن مقالاتی را ارائه نموده اند. اهمیت روبه رشد استفاده از گازهای هیدروکربنی به عنوان یکی از منابع تامین انرژی از یک سو و پارامترهای زیست محیطی از سوی دیگر، باعث شده است که در افزایش برداشت نفت و تزریق گاز به میادین، گاز C_{O2} یا سایر گازهای غیرهیدروکربنی بیشتر مورد توجه قرار گیرد. رابطه مستقیمی بین افزایش میزان بازیافت و کاهش کشش سطحی بین نفت و گاز C_{O2} پیدا کرده اند و در آزمایش های خود اثر نامطلوب افزایش اشباع آب اولیه را در هنگام تزریق گاز C_{O2} مشاهده نموده اند. هم چنین محققین رابطه مستقیمی بین تراوایی موثر و تولید نفت پیدا نموده اند. هرچند که اثر تراوایی نسبت به اثر اشباع اولیه آب کم تر است ولی در صورت بالا بودن تراوایی در یک مخزن می توان با تزریق گاز C_{O2}، مکانیسم ریزش ثقلی را قوت بخشید و آن را به فرآیند اصلی تولید نفت تبدیل نمود.

پیوستگی مویینگی در فرآیند ریزش ثقلی

یکی از پارامترهای موثر در میزان بازیافت نفت در فرآیند ریزش ثقلی از یک دسته بلوک ماتریکس در مخازن شکاف دار، پیوستگی مویینه بین بلوک هاست (شکل-۱). وجود این پیوستگی نقش بسیار موثری در تولید از مخازن شکاف دار دارد. به طور کلی طبیعت و میزان پیوستگی مویینه در یک مخزن در انتهای تاریخچه تولید مخزن قابل تشخیص است. هرچند بسیاری از محققین از وجود پیوستگی مویینه بین بلوک ها خبر دادند، اما در حال حاضر تعداد زیادی از مخازن شکاف دار دارای تاریخچه تولیدی هستند که در آن ها پیوستگی مویینه، ناچیز تشخیص داده شده است. افزایش فشار در لایه های بالایی، باعث افزایش پیوستگی مویینه شده و در نهایت بازیافت نهایی نفت را بالا می برد. این افزایش فشار می تواند باعث کاهش ضخامت شکاف شده ودر نهایت پیوستگی مویینه را افزایش دهد. یکی از نکات قابل توجه مستقل بودن میزان بازیافت از چگونگی سطح بلوک است.



شکل-۱: اثر پیوستگی مویینگی عمودی در توزیع اشباع

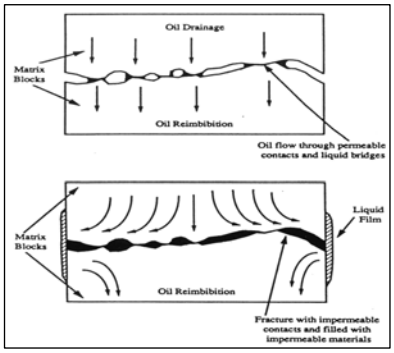
پدیده جذب مجدد در فرآیند ریزش ثقلی

خروج نفت از بلوک بالایی و تمایل به جذب در بلوک پایینی را اصطلاحا جذب یا مکش مجدد گویند. فرآیند جذب مجدد تابعی از نیروی مویینگی و ثقلی است. جریان سیال از یک بلوک به بلوک دیگر ممکن است از طریق نقاط تماس دو بلوک یا پل های ایجاد شده بین دو بلوک صورت گیرد. فرآیند جذب مجدد به دلیل اهمیت آن در مخازن شکاف دار توسط محققین مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. دو عامل نیروی ثقلی و مویینگی برای پدیده جذب مجدد در محیط متخلخل شکافدار لازم است. حالت ایده آل این است که نفت خارج شده از بلوک بالایی به طور کامل توسط بلوک پایینی جذب شود. (شکل-۲).

www.SID.ir

Archive of SID

اگر فرایند جریان بلوک به بلوک را با یک ستون ماتریکس هایی که با تماس نبودند در نظر بگیریم می توان نتیجه گرفت که دبی بازیافت سیستم خیلی کمتر از یک گروه ماتریکس که به صورت مجزا می بود. نفت آشام شده ترجیح می دهد از میان ماتریکس های اشباع کند بدون آنکه عمل جابجا کردن نفت درجا را انجام دهد.



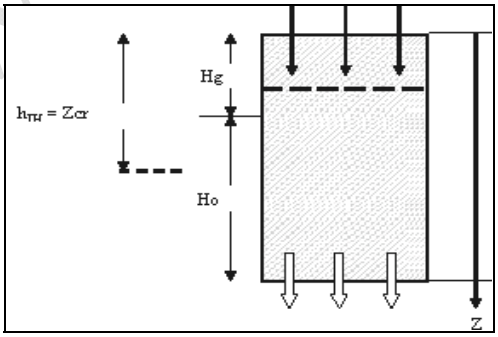
هم در تحت این باشد خواهد شده عبور

مکانیسم های اصلی جریان در یک بلوک ماتریس عبارتند از:

۱- ریزش ثقلی
۲- آشام
۳- نفوذ مولکولی

شکل-۲: نمای تزریق از بالا به یک بلوک ماتریکس

فرآیند جابجایی در بلوک ماتریکس اشباع شده از نفت زمانی اتفاق می افتد که توسط سیال دیگری مانند گاز یا آب احاطه شود (شکل-۳). بلوک ماتریکس ممکن است در تماس با سیال های متفاوتی قرار گیرد و در نهایت یک فرآیند جابجایی اتفاق بیفتد. انتقال سیال از بلوک به شکاف به دلیل اختلاف فشار بین محیط اطراف بلوک و داخل آن می باشد. انتقال به داخل بلوک به دلیل پدیده آشام حاصل از نیروی فشار مویینگی و یا ریزش ثقلی حاصل از اختلاف دانسیته خواهد بود. چنانچه پیوستگی مویینگی در بین بلوک ها برقرار نباشد و به صورت مجزا از هم عمل کنند، میزان نفت قابل استحصال تحت مکانیزم ریزش ثقلی ناچیز خواهد بود، اما چنانچه پیوستگی فشار مویینگی در بین بلوک ها برقرار باشد، سبب خواهد شد تا میزان قابل ملاحظه ای از سیال موجود در بلوک بازیابی شود.



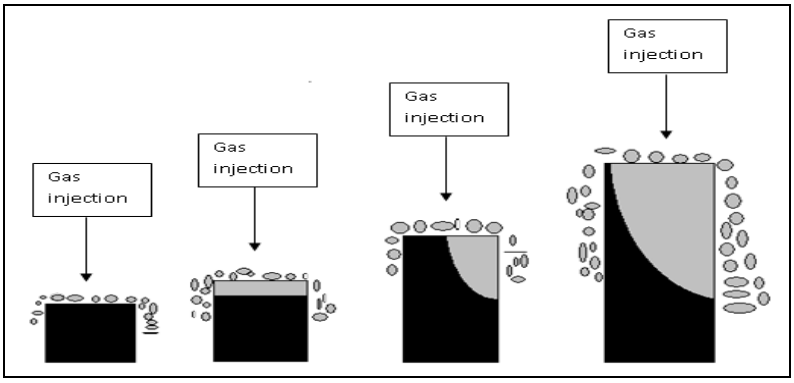
شکل-۳: فرآیند جابجایی در بلوک غوطه ور درگاز

نقش ارتفاع بلوک بر بازیافت :

با توجه به (شکل-۴) بلوک شماره ۱(کوچک) که شامل نفت غیر قابل بازیافت است، بلوک ۲ که بصورت جزئی می تواند نفت را بازیافت کند در صورتی که نفت بیشتری را می توان در بلوکهای ۳ و ۴ بازیافت نمود. این بدان معناست که در بلوکهای بلندتر به منظور جلوگیری از ورود سیال جابجا کننده نیروهای ثقلی در یک ارتفاع مشخص از بلوک بر نیروی مویینه غلبه می کنند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل-۴: نقش ارتفاع بلوک بر بازیافت

بازیافت به فشار (ناشی از ارتفاع بلوک) و به فشار تزریق گاز بستگی دارد.

عوامل موثر در جابجایی سیال در بلوک مجزا

جابجایی ریزشی: تغییر رفتار یک بلوک مجزا در شرایط تخلیه را می توان محاسبه کرد در صورتی که بعدهای بلوک به خوبی خواص سنگ و سیال شناسایی شده باشند. تنها سنگهای با قابلیت تراوایی بالا دارای فشار مویینه پایین هستند یا در تمام بلوکهای بلند انتظار می رود که بازیافت نفت زیادتری وجود داشته باشد. بنابراین ارتفاع بلوک و فشار مویینه پارامترهای اساسی برای تعیین عملکرد میدانی می باشند.

عدد مویینگی (Capillary number): عددی بدون بعد است که در مکانیک سیالات به نسبت بین نیروی ناشی از گرانروی به سطحی که در سطح بین مایع و گاز و یا در سطح بین دو مایع غیر قابل حمل عمل می کند گفته می شود . طبق تعریف مقدار آن توسط رابطه زیر بدست می آید:

$$N_c = \mu v/\gamma$$

که در این عبارت μ لزجت ، V سرعت ، γ کشش سطحی بین دو سیال می باشند.

عدد باند (Bond number): عددی بدون بعد است که در مکانیک سیالات به نسبت بین نیروی درونی به تنش سطحی که در سطح بین مایع و گاز و یا در سطح بین دو مایع غیر قابل حمل عمل می کنند گفته می شود . طبق تعریف مقدار آن توسط رابطه زیر به دست می آید:

$$N_b = \rho aL2/\gamma$$

که در این عبارت ρ چگالی ، a شتاب ، L طول مشخصه و γ کشش سطحی می باشد.

به عنوان یک قانون کلی N_c یا N_b بیش از 10^{-5} برای آزمایش آشام نیستند. داده ها نشان می دهد که N_c نباید از 10^{-3} در مدت تخلیه فاز تر تجاوز کند و این از اهمیت خاصی برخوردار است.

شبیه سازی مدل مورد نظر توسط نرم افزارهای Petrel و Eclipse-300 :

به منظور بررسی اثرات مقادیر مختلف اعداد بدون بعد مویینگی و باند بر بازیافت نفت در مکانیزم تزریق گاز از بالا به یک بلوک تحت نیروی ریزش ثقلی، از ایجاد یک مدل ساده توسط نرم افزارهای شبیه سازی مخازن اکلیپس و پترل استفاده گردید. در این راستا ابتدا یک مدل پایه (Base case) به کمک نرم افزارهای مذکور ساخته شده و سپس با تغییر پارامترهای مورد نظر و

www.Reservoir.ir

www.SID.ir

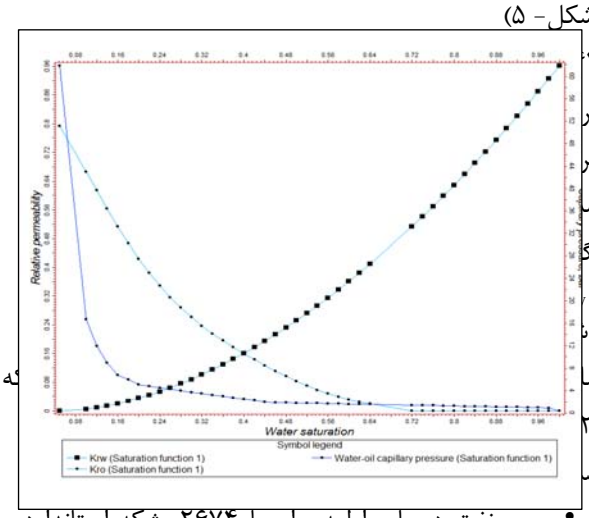
Archive of SID

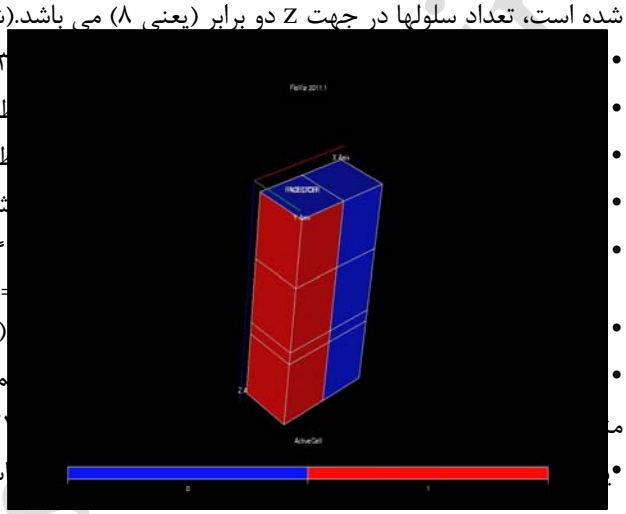
اعمال آنها برروی مدل اولیه حالت های فرعی مورد نظر ساخته و اجرا (Run) گردید، که نتایج و نمودارهای مربوطه در ادامه آورده خواهند شد.

مشخصات مدل ساخته شده :

مشخصات کلی از مدل پایه ساخته شده به قرار زیر می باشد :

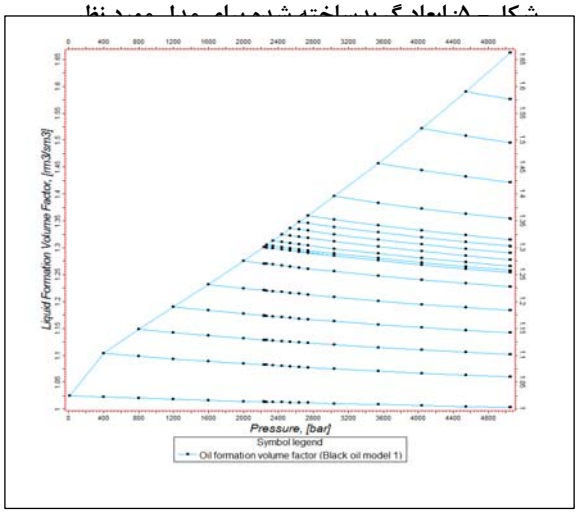
- مدل بصورت تخلخل دوگانه (Double poure) فرض می شود، یعنی وجود شکاف در مدل در نظر گرفته شده است.
- تعداد سلولهای گرید در جهت های x ، y و z به ترتیب ۲ ، ۱ و ۴ می باشند که با توجه به اینکه مدل دارای شکاف فرض شده است، تعداد سلولها در جهت Z دو برابر (یعنی ۸) می باشد.(شکل- ۵)





- حجم نفت درجای اولیه برابر با ۲۶۷۴ بشکه استاندارد و

میزان گاز آزاد نیز حدود ۲۴۰۸ هزار فوت مکعب استاندارد می باشد.



www.SID.ir

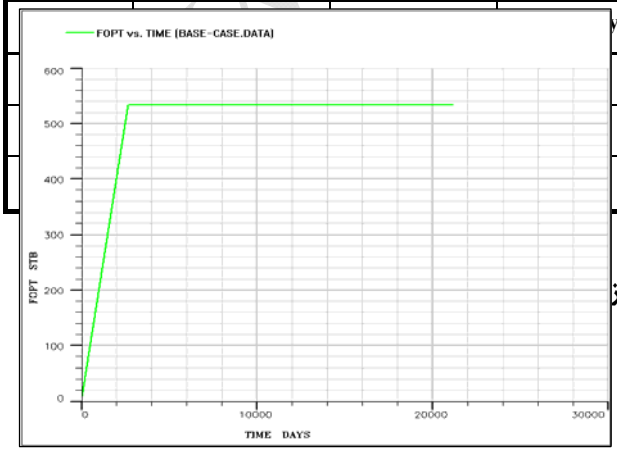
Archive of SID

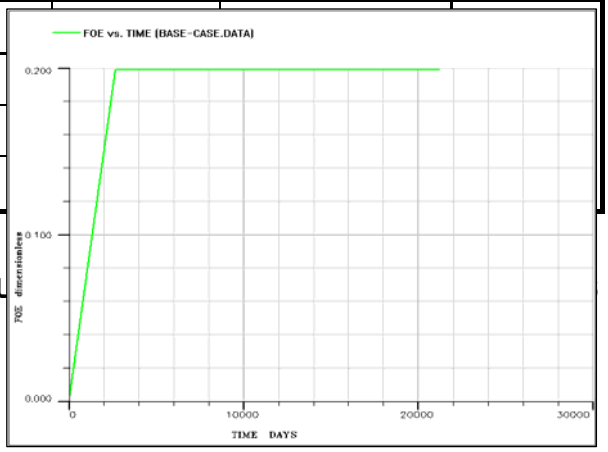
شکل- ۷: نوع سیال (PVT) تعریف شده برای مدل مورد نظر **شکل- ۸: نمایش چاههای تعریف شده (تولیدی و تزریقی) در مدل**

با توجه به اینکه در نرم افزار اکلیپس کلید (keyword) خاصی برای تعریف اعداد بدون بعد اختصاص داده نشده است لذا در این مقاله، ما با تغییر پارامترهایی از بلوک که در تعریف این اعداد نیز حضور دارند مانند طول (L) یا ارتفاع بلوک (H)، میزان نفوذپذیری (K) بلوک، مقدار سرعت (V) که می تواند با تغییر دبی تزریق متناسب باشد و تغییر نیروی مویینه (P_c) که در واقع به (σ) مرتبط است و اجراهای مختلف مدل در شبیه ساز نتایج و نمودارها را مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهیم داد .(جدول-۱)

جدول ۱: حالت های مختلف مورد آزمایش

حالت الف) مدل پایه	**Dz**	**perm x**	**perm y**	**perm z**	**perm.(Fract.)**	**P_c**
	25 ft	1 md	1 md	0.4 md	10000 md	مقادیر اصلی
حالت ب) تغییر ارتفاع بلوک	**Dz**	**perm x**	**perm y**	**perm z**	**perm.(Fract.)**	**P_c**
	25 ft	1 md	1 md	0.4 md	1000 md	مقادیر اصلی
	12.5 ft	1 md	1 md	0.4 md	1000 md	مقادیر اصلی
	50 ft	1 md	1 md	0.4 md	1000 md	مقادیر اصلی
حالت ج) تغییر تراوایی	**perm x**	**perm y**	**perm z**	**Dz**	**perm.(Fract.)**	**P_c**
	1 md	1 md	0.4 md	25 ft	1000 md	مقادیر اصلی
	0. 1 md	0.1 md	0.04 md	25 ft	1000 md	مقادیر اصلی
	10 md	10 md	4 md	25 ft	1000 md	مقادیر اصلی

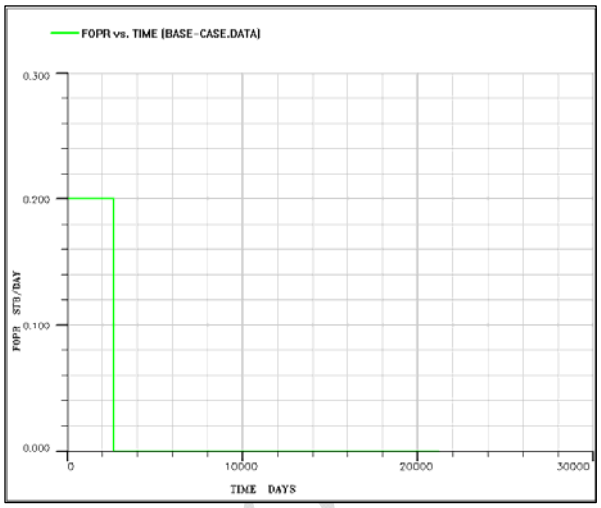




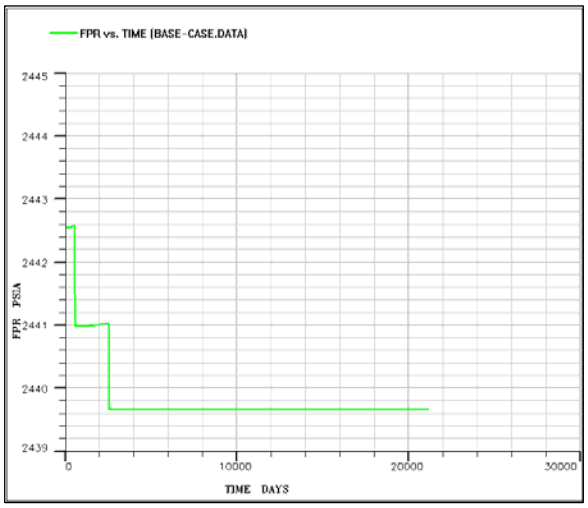
www.Reservoir.ir

www.SID.ir

Archive of SID



شکل- ۹: نمودار راندمان نفت برحسب زمان در مدل پایه



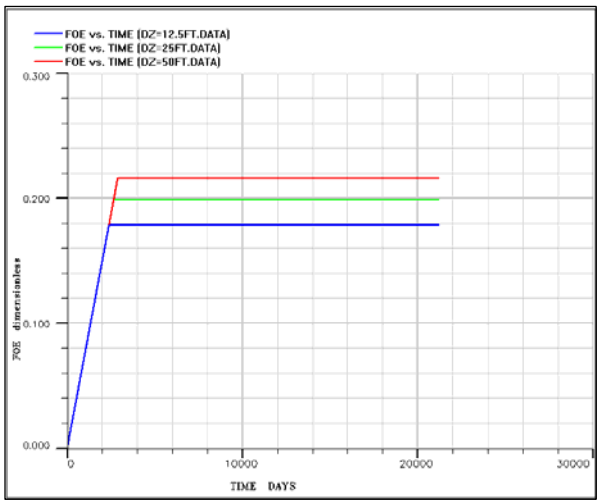
شکل- ۱۰: نمودار کل تولید نفت برحسب زمان در مدل پایه

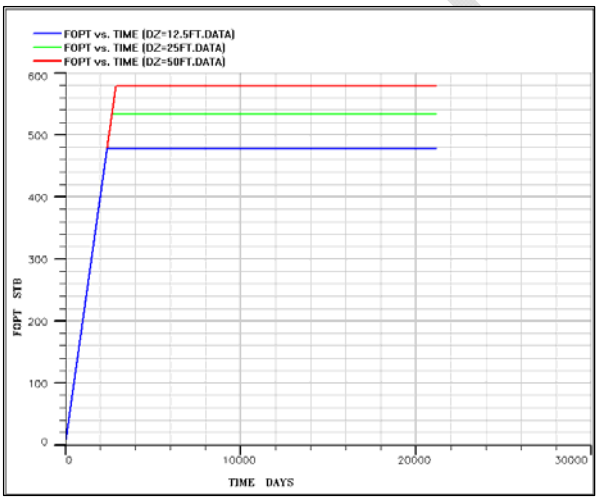
شکل - ۱۱: نمودار کل دبی تولید نفت برحسب زمان در مدل پایه

شکل - ۱۲: نمودار فشار مخزن برحسب زمان در مدل پایه

بررسی اثر ارتفاع بلوک

در اینجا ابتدا مدل پایه با ارتفاع بلوک (Dz) ۲۵ فوت اجرا گردید و سپس یک بار برای حالتی که ارتفاع بلوک به نصف یعنی Dz= ۱۲/۵ فوت و باردیگر در حالتی که ارتفاع بلوک به دو برابر یعنی Dz= ۵۰ فوت تغییر داده شده بود، مدل به اجرا گذاشته





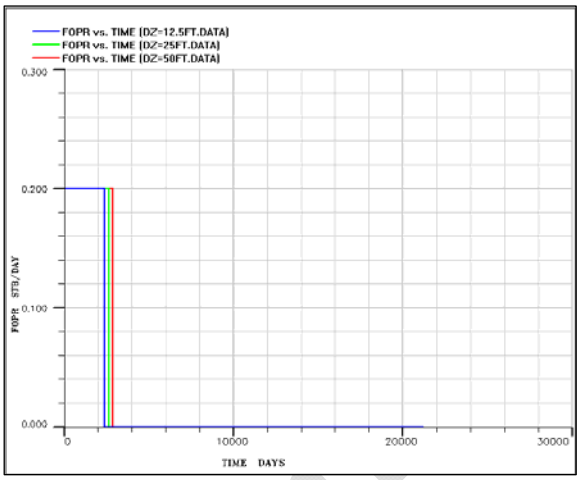
شده و نتایج در یک نمودار مورد مقایسه قرار گرفت.

شکل- ۱۳: نمودار اثر تغییرات ارتفاع بلوک بر بازیافت نفت

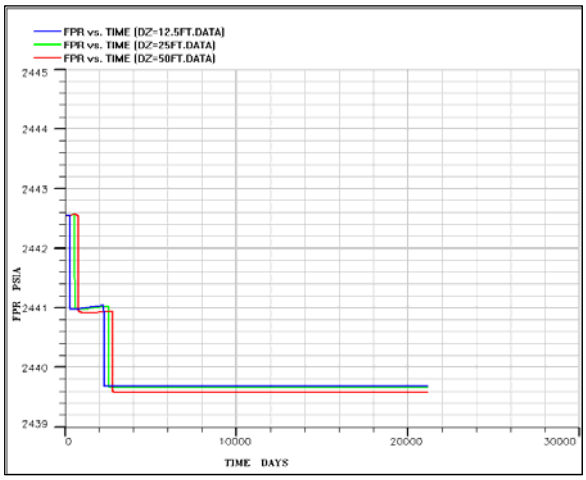
شکل- ۱۴: نمودار اثر تغییرات ارتفاع بلوک بر تولید کل (انباشتی) نفت

www.SID.ir

Archive of SID



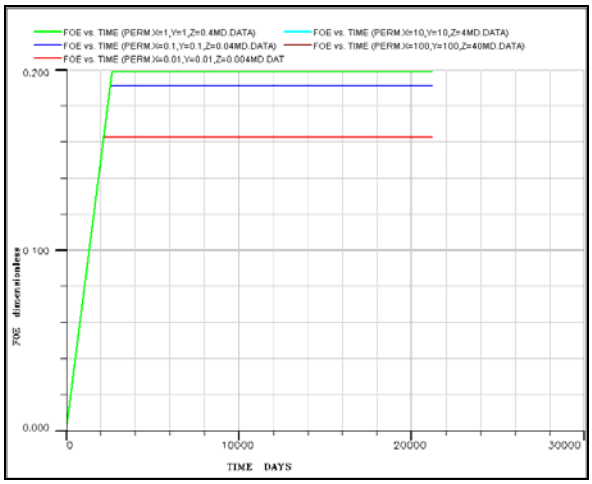
شکل- ۱۵: نمودار اثر تغییرات ارتفاع بلوک بردبی تولید نفت



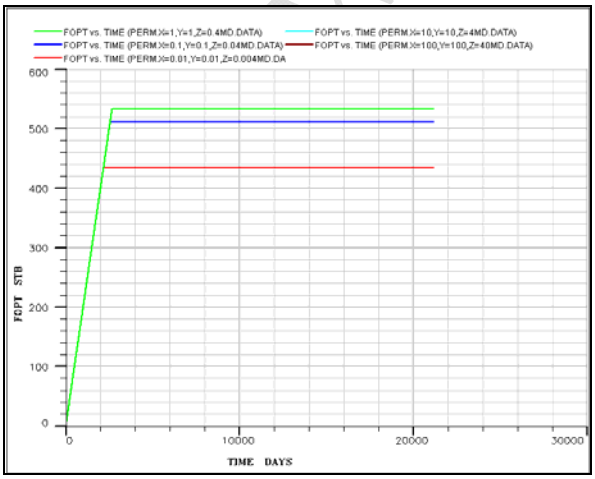
شکل- ۱۶: نمودار اثر تغییرات ارتفاع بلوک بر فشار مخزن

بررسی اثرتراوایی بلوک

در این جا ابتدا مدل پایه با میزان تراوایی ماتریکس (Km) برابر ۱ ، ۱ و ۰/۴ میلی دارسی (به ترتیب در جهت های x، y و z) اجرا گردید، در ادامه یک بار میزان تراوایی ۱۰ برابر یعنی به ارقام ۰/۱ ، ۰/۱ و ۰/۰۴ میلی دارسی و یک بار ۱۰۰ برابر یعنی به ارقام ۰/۰۱ ، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۴ میلی دارسی کاهش داده شد و سپس میزان تراوایی ۱۰ برابر یعنی به اعداد ۱۰ ، ۱۰ و ۴ میلی دارسی و ۱۰۰ برابر یعنی اعداد ۱۰۰ ، ۱۰۰ و ۴۰ میلی دارسی افزایش داده شده و مدل برای همه این حالت ها اجرا گردید و نتایج در یک نمودار مورد مقایسه قرار گرفت. البته لازم به ذکر است که برای ارقام بالاتر از عدد تراوایی مدل پایه (مثلا ۱۰ و۱۰۰ میلی دارسی) نتایج اجراها تفاوت چندانی با هم نداشته و همانند مدل پایه بوده و خطوط آنها نیز در نمودار روی هم قرار می گیرند. (چنان که در شکل های زیر رنگهای سبز و فیروزه ای و قهوه ای روی هم افتاده اند) .



شکل- ۱۷: نمودار اثر تغییرات تراوایی بر راندمان (بازیافت) نفت

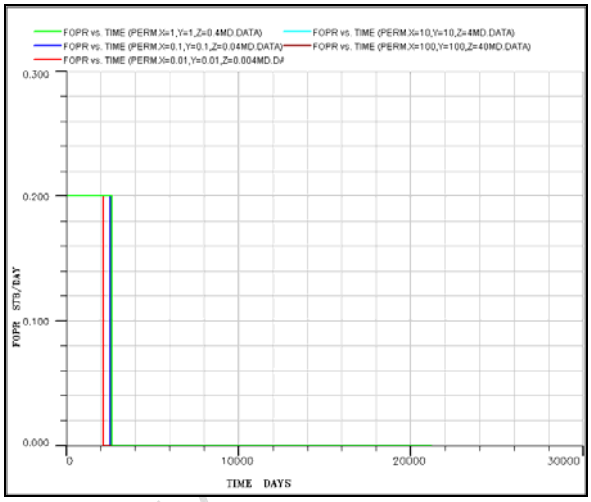


شکل- ۱۸: نمودار اثر تغییرات تراوایی بر تولید کل (انباشتی) نفت

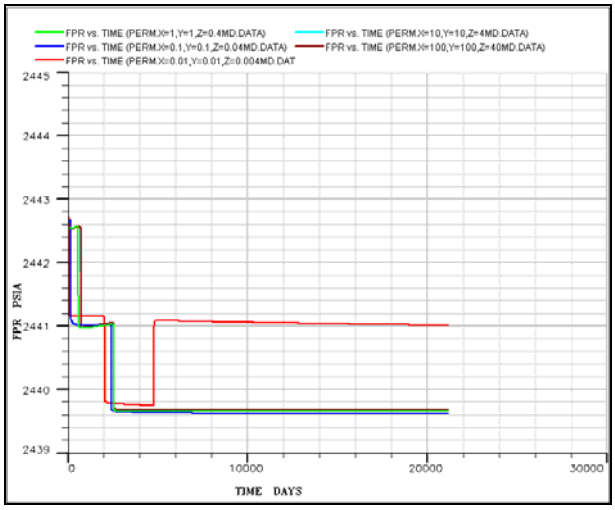
www.SID.ir

Archive of SID

چنان چه از نمودار بالا مشخص است پارامتر FOE رابطه مستقیمی با مقدارتراوایی بلوک دارد یعنی با افزایش تراوایی بلوک، میزان راندمان (بازیافت) نفت نیز افزایش می یابد. هر چند که از یک مقداری به بالا با افزایش بیشتر میزان تراوایی دیگر راندمان نفت تغییر چندانی نداشته و خطوط روی هم قرار می گیرند .

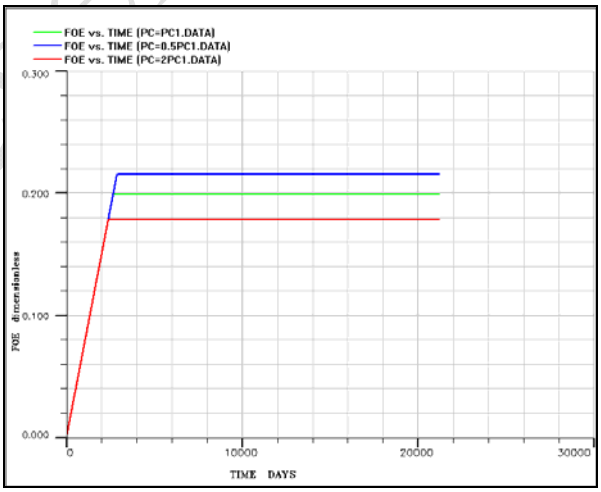


شکل - ۱۹: نمودار اثر تغییرات تراوایی بردبی تولید نفت

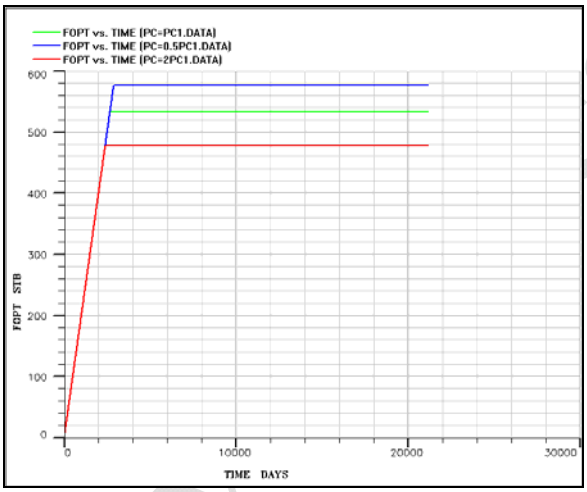


شکل- ۲۰: نمودار اثر تغییرات تراوایی بر فشار مخزن

بررسی اثرکشش سطحی (σ)



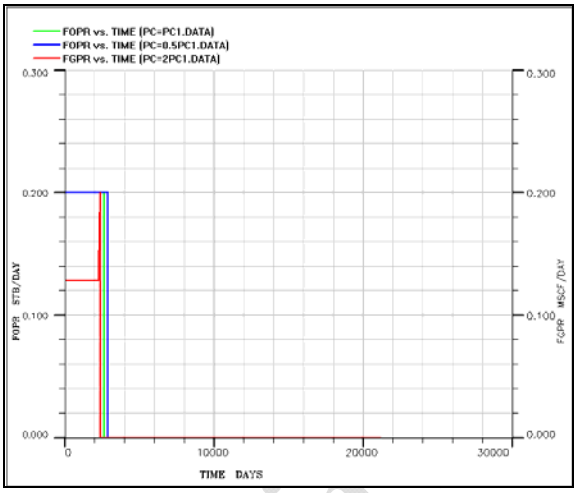
شکل - ۲۱: نمودار اثر تغییرات P_c بر راندمان (بازیافت) نفت



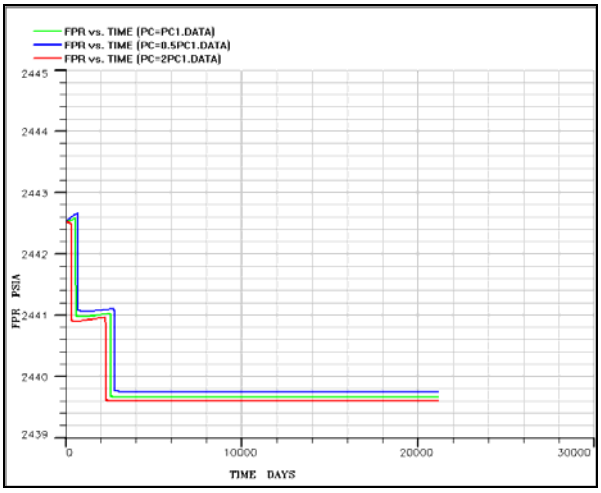
شکل - ۲۲: نمودار اثر تغییرات P_c بر تولید کل (انباشتی) نفت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل - ۲۳: نمودار اثر تغییرات P_c بردبی تولید نفت



شکل - ۲۴: نمودار اثر تغییرات P_c بر فشار مخزن

نتیجه‌گیری

۱- سه نیروی گراویته، مویینگی و ویسکوز عامل تعیین کننده دبی و حداکثر تولید ناشی از فرآیند ریزش ثقلی است. نقش نیروی ویسکوز در شرایط تزریق گاز پر رنگ تر بوده و سبب افزایش حداکثر تولید از بلوک است.

۲- اگر چه عملکرد اکثر مخازن نشانگر عدم پیوستگی مویینه است، ولی با در نظر گرفتن شرایط پیوستگی مویینه غیر موثر، می توان انتظار ادامه تولید نفت باقیمانده در زمان های بسیار طولانی (با دبی بسیار کم) را داشت.

۳- تغییرات فیزیکی در شرایط مخزن از جمله کاهش فشار مخزن، احتمال کاهش در ضخامت شکاف های افقی و در نتیجه تبدیل مویینگی غیر موثر به مویینگی موثر را افزایش می دهد.

۴- فرآیند جذب مجدد در هر بلوک متاثر از خواص فیزیکی سنگ و سیال مخزن، میزان ریزش نفت از بلوک های بالایی بر روی آن و میزان درجه اشباع قبل از شروع فرآیند جذب مجدد است.

۵- با شروع فرآیند جذب مجدد، سیستم نامتعادل شده و سه پدیده جذب، تغییر در میزان ریزش و افزایش درجه اشباع نفت فعال می گردد. با گذشت زمان و افزایش درجه اشباع نفت در داخل بلوک، شرایط برای برابر شدن میزان ریزش با میزان جذب و در نتیجه به تعادل رسیدن سیستم فراهم خواهد شد.

۶- در یک پدیده جابجایی آشام زمان بازیافت متناسب با مجذور ارتفاع بلوک می باشد در صورتی که در جابجایی ثقلی زمان بازیافت متناسب با ارتفاع بلوک می باشد.

۷- نیروهای ثقلی در فرایند آشام می توانند نقش مهمی را ایفا کنند بخصوص اگر بلوک از اندازه بزرگی برخوردار باشد یا بتوان از فشار مویینه صرف نظر کرد.

۸- در یک جابجایی تخلیه نفت توسط گاز، نیروی فشار مویینه عامل تخلیه خواهد بود و بنابراین جابه جایی تنها حاصل از نیروی ثقلی می باشد که باید بیشتر از فشار مویینه باشد .

۹- جابجایی در بلوک های کوچک بیشتر از طریق نیروهای مویینگی و در بلوک های بلندتر (با ارتفاع زیاد) بطور عمده از طریق نیروهای ثقلی کنترل می شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰- میزان راندمان (بازیافت) نفت با ارتفاع بلوک و میزان تراوایی آن نسبت مستقیم و با میزان نیروی مویینه (کشش سطحی) نسبت معکوس دارد.

۱۱- می توان گفت که تغییر میزان تراوایی در واقع بر روی سرعت رسیدن به بازیافت نهایی (recovery ultimate) تاثیر گذار می باشد و بر خود بازیافت نهایی اثر چندانی ندارد.

۱۲- تغییر مقادیر ارتفاع بلوک (D_z) و نیز P_c (یا σ) اثر مستقیم بر روی خود راندمان نهایی نفت دارند.

۱۳- بازیافت نفت با عدد بوند رابطه مستقیم و با عدد مویینگی رابطه عکس دارد.

تشکر و قدردانی

از خدای منان سپاسگزارم که مرا اندیشه عطا فرمود تا بیندیشم و قدرت داد تا اندیشه ام را بنگارم. از آقایان مهندس اورکی و مهندس بهزادی که در تهیه این مقاله به بنده کمک کردند، هم چنین از پدر و مادرم، و در پایان از همسر مهربانم خانم صالحی کمال تشکر را دارم.

مراجع

[۱] سجادیان و.ا.، نادری ح.، عمادی م.ع. و همکاران تهیه مدل مناسب جهت تطبیق نتایج آزمایشگاهی مکانیزم ریزش ثقلی، پژوهشگاه صنعت نفت، گزارش داخلی ۴۴۲۰۰۳،۱۳۷۵.

[۲] Lefebvre du Prey E., Gravity and capillary effects on imbibitions in porous media, paper SPE 6192, SPE Journal, pp. 195-206, June 1978.

[۳] Sajjadian V.A., Danesh A. and Tehrani D.H., Laboratory studies of gravity drainage mechanism in fractured carbonate reservoir-capillary continuity, SPE 54003, 8th Abu Dhabi international petroleum exhibition and conference, UAE, 11-14 Oct. 1998.

[٤] KalantaryAsl Azim:" Investigation of block to block process in naturally fractured reservoir during gas injection" Project of M.Sc., University of Tehran.TP/520.(Mehr 1384)

[٥] Feder, J., Fractals. 1988, New York: Plenum Press.

[٦] Dindork,B. and Firoozabadi,A. : " Compitation of Gas-Liquid Drainage in Fractured Porous Media Recognizing Fracture Liquid Flow," ,JCPT, 39-49.Dec.1995.

www.Reservoir.ir

www.SID.ir