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

آنالیز حساسیت پارامترهای مختلف بر بازدهی فرآیند تزریق گاز

علی حسینی[۱]– رجبعلی رحمتی[۲]– سید عطاءالله سیّد[۳]

[(۱)]دانشگاه آزاد اسلامی – واحد امیدیه – گروه مهندسی نفت – امیدیه – ایران

[(۲)]شرکت مهندسی و توسعه نفت

[(۳)]دانشگاه آزاد اسلامی – واحد گچساران – گروه مهندسی نفت – گچساران – ایران

[۱]عهده دار مکاتبات(aa199049@yahoo.com)

چکیده

با گسترش و پیشرفت صنعت نفت، تمایل به افزایش تولید از میادین نفتی بیش از پیش مورد توجه و در اولویت قرار گرفت. به همین منظور روشهای ازدیاد برداشت نفت پیشنهاد و مورد استفاده قرار میگیرند. تزریق گاز یکی از روشهای ازدیاد برداشت است. در این روش گاز تزریقی در یک محل به مخزن تزریق میشود. هدف اصلی فرآیند تزریق گاز افزایش سطح تماس سیال تزریقی با سیال مخزنی و برداشت بیشتر نفت با توجه به شرایط امتزاجی و دست یافتن به بالاترین راندمان و در نهایت بیشترین ضریب بازیافت است. تزریق گاز به کمک گازهای هیدروکربنی و غیرهیدروکربنی و بصورت تزریق امتزاجی و غیر امتزاجی میتواند صورت بگیرد. در این تحقیق به بررسی برخی از پارامترهای مخزنی از قبیل شیب مخزن، نفوذپذیری شکاف و فاصله گذاری شکاف و تأثیر آنها بر روند تولید از مخازن پرداخته ایم.

کلمات کلیدی: ازدیاد برداشت نفت، تزریق گاز، امتزاج پذیری، شیب مخزن، شکاف.

www.SID.ir

Archive of SID

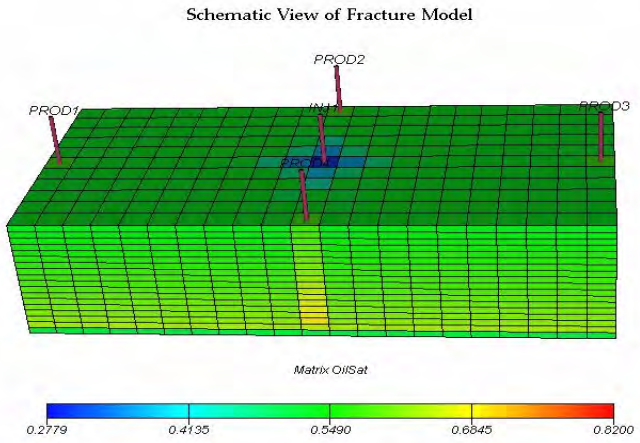
۱-مقدمه

بطور کلی با بهره برداری و تولید، فشار از مخزن کاهش یافته و این امر منجر به گازی شدن مخزن و کاهش تولید میشود با توجه به نقش نفت و فرآوده های نفتی در بازار جهانی و دنیای اقتصاد، اتخاذ تدابیری مناسب و استفاده از روشهای ازدیاد برداشت بهینه برای بهبود بازدهی و افزایش تولید، سرلوحه کار کشورهای تولید کننده نفت قرار گرفته است. به دلیل افت فشار در مخازن ایران، استفاده از روشهای ازدیاد برداشت مناسب برای تثبیت و افزایش فشار بیش از پیش احساس میشود. با وجود ذخائر عظیم گاز در کشورمان، مطالعه و بررسی روشهای ازدیاد برداشت از جایگاه مهمی قابل توجه است. در هنگام تزریق گاز به مخزن، گاز تزریقی حفره های دارای میزان اشباع بالای نفت را اشغال و به این ترتیب باعث به حرکت درآوردن نفت در بخش های جاروب نشده مخزن میشوند.

مدلی که ساخته شده شامل ۵ چاه می باشد که این چاه ها در دو گروه تعریف شدند: گروه اول شامل چاه های تولیدی نفت و گروه دوم شامل چاه های تزریقی. حداکثر میزان گاز به نفت تولیدی مجاز، معادل ۲۵۰۰ فوت مکعب بر بشکه نفت، برش آب ۳۰٪ درصد و حداقل فشار ته چاه ۲۰۰۰ psi در نظر گرفته شد. شرایط و محدودیت های چاه های تولیدی را می توان به این صورت در نظر گرفت:

Q=con, Min BHP=2000psi, Max WCT = 30%, Max GOR=2500

و همچنین چاه تزریقی با شرایط و محدودیت های Q=con, Max BHP= 4000psi می باشد. شکل ۱ نمای سه بعدی از مدل را نشان میدهد.



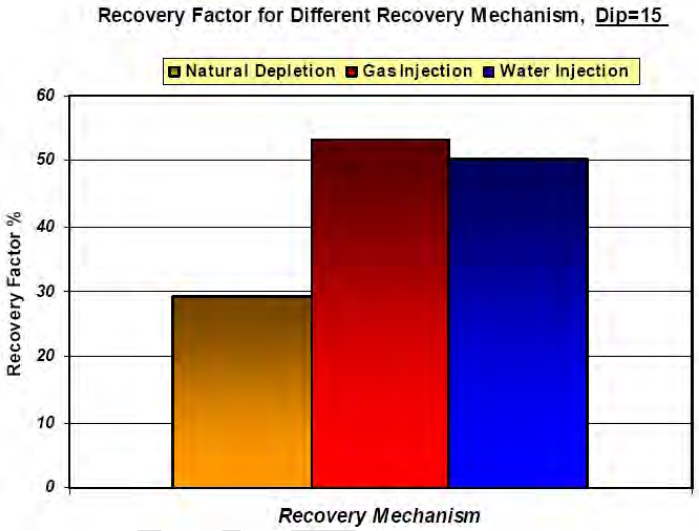
شکل۱:مدل مورد مطالعه

www.SID.ir

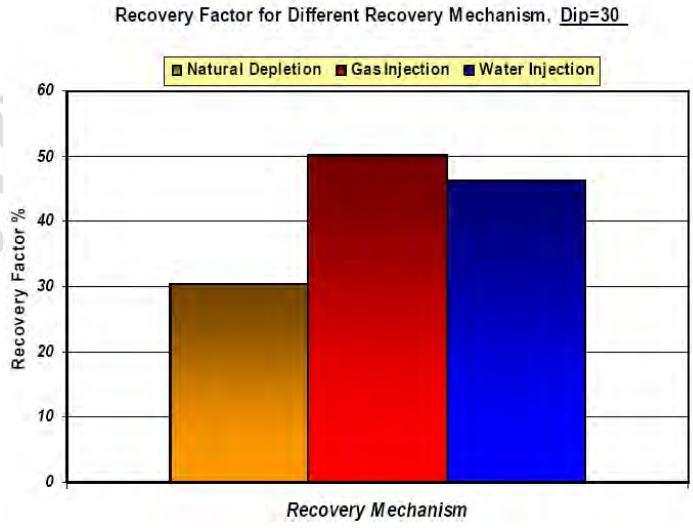
Archive of SID

۲-تأثیر شیب مخزن بر بازدهی تزریق گاز

همانطور که می دانیم، نیروی گرانشی عامل مهمی در حرکت سیال است. تغییر شیب مخزن بر نیروی گرانشی و در نتیجه حرکت سیال و بازیافت نفت تأثیر خواهد داشت. در این قسمت تأثیر زاویه شیب بر بازدهی سه فرآیند تخلیه طبیعی، تزریق گاز و تزریق آب مورد بررسی قرار می گیرند. بازیافت نهایی فرآیندهای متفاوت با شیب های مختلف مدل در شکل های ۲تا ۵ با هم مقایسه شده اند. همچنین شکل ۶ افزایش بازیافت فرآیند تزریق گاز نسبت به تخلیه طبیعی را برای شیب های مختلف نشان می دهد. بررسی نتایج مدل های استفاده شده نشان می دهند برای مدل های شیب دار تزریق گاز بازدهی بالاتری نسبت به تزریق آب دارد و این مسئله با افزایش شیب مخزن افزایش می یابد.



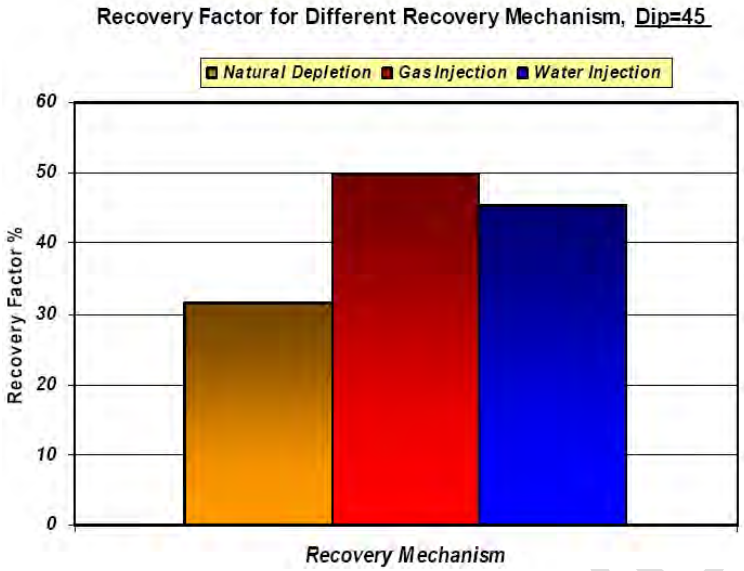
شکل ۲:مقایسه بازیافت نهایی در فرآیندهای مختلف برای مدلی با شیب 15^{o}



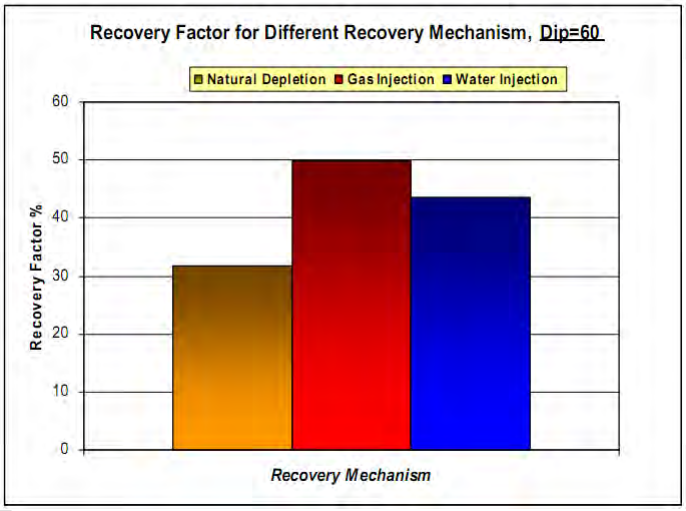
شکل ۳:مقایسه بازیافت نهایی در فرآیندهای مختلف برای مدلی با شیب 30^{o}

www.SID.ir

Archive of SID



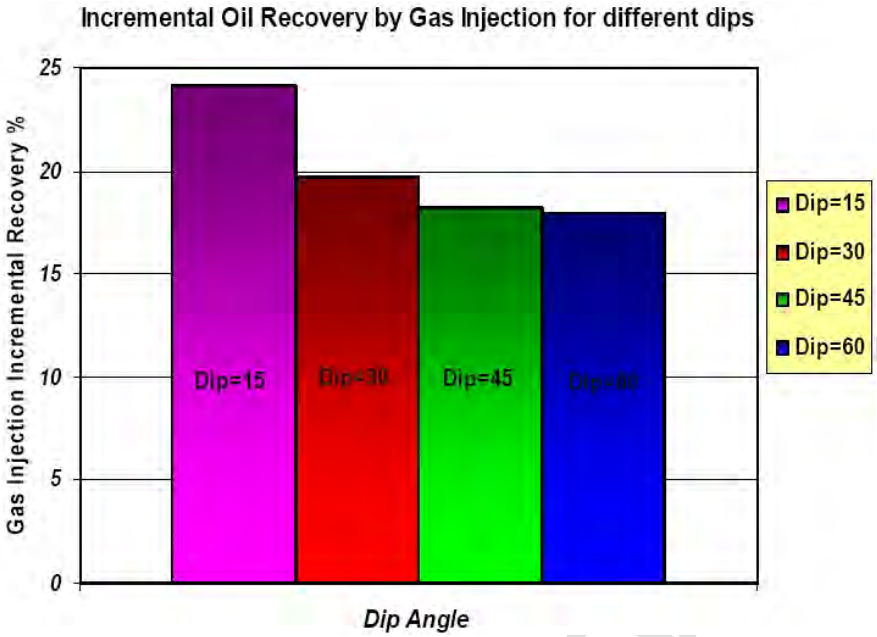
شکل ۴:مقایسه بازیافت نهایی در فرآیندهای مختلف برای مدلی با شیب 45^{o}



شکل ۵:مقایسه بازیافت نهایی در فرآیندهای مختلف برای مدلی با شیب 60^{o}

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶:افزایش بازیافت نهایی فرآیند تزریق گاز نسبت به تخلیه طبیعی برای مدل با شیب های مختلف

۲- تأثیر نفوذپذیری شکاف بر بازدهی تزریق گاز

نفوذپذیری شکاف بر جریان سیال تزریقی و در نتیجه بر بازدهی فرآیند تزریق، تأثیر زیادی دارد. شکل های ۷ تا ۱۰ تأثیر نفوذپذیری شکاف بر بازیافت نهایی فرآیند تزریق گاز برای شیب های مختلف را نشان می دهند. این شکل ها نتایج سه نوع تغییر در نفوذپذیری شکاف را مقایسه می کنند:

۱- تغییر هم زمان در نفوذپذیری افقی و عمودی شکاف **۲**- تغییر در نفوذپذیری افقی شکاف **۳**- تغییر در نفوذپذیری عمودی شکاف، محور افقی تغییرات نفوذپذیری شکاف را بر حسب ضریبی از نفوذپذیری اصلی شکاف نشان می دهد. نفوذپذیری اصلی شکاف در جهات افقی و عمودی به ترتیب ۲۰۰ md و ۱۰ md می باشند که نفوذپذیری افقی شکاف از ۱۰۰ md تا ۲۰۰۰ md تغییر می کنند و نفوذپذیری عمودی شکاف از ۵ md تا ۱۰۰ md تغییر داده شده اند.

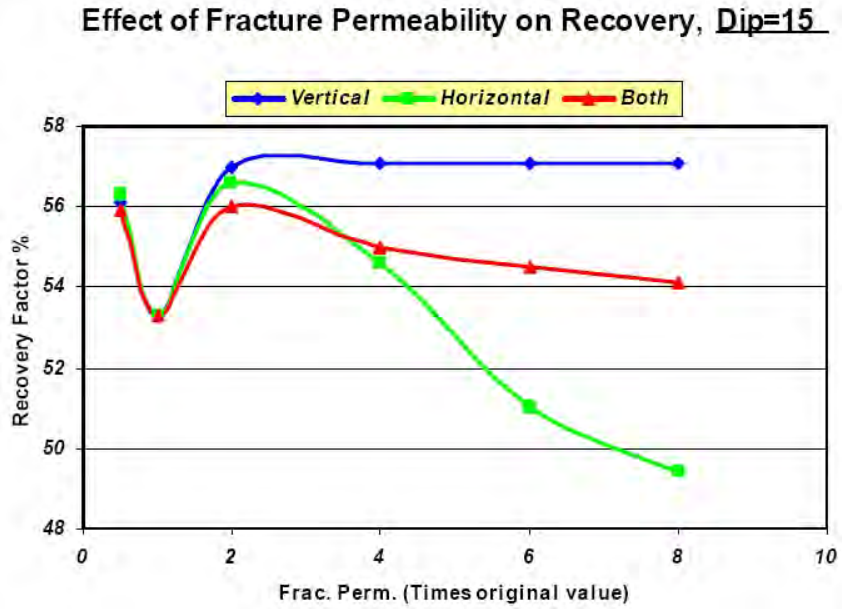
نتایج نشان می دهند در مدل های با شیب کم (°۱۵و °۳۰)، با افزایش نفوذپذیری شکاف، ضریب بازیافت سه روند متفاوت خواهد داشت. در قسمت اول منحنی، ضریب بازیافت با افزایش نفوذپذیری شکاف کاهش می یابد. این به دلیل کاهش نسبت نفوذپذیری ماتریس به نفوذپذیری شکاف است. در این قسمت فرآیند جابجایی جبهه در ماتریس و شکاف می باشد اما سرعت پیش روی جبهه در ماتریس نسبت به شکاف کمتر می باشد و با افزایش نفوذپذیری شکاف سرعت پیش روی جبهه در شکاف افزایش می یابد و زمان میان شکنی کمتر می شود و در نتیجه بازیافت نهایی کاهش می یابد. در قسمت دوم با افزایش نفوذپذیری شکاف، ضریب بازیافت افزایش می یابد. در این مورد فرآیند جابجایی جبهه فقط در شکاف انجام می شود. باید توجه داشت که مکانیزم غالب برداشت نفت ماتریس ها، ریزش ثقلی می باشد. افزایش نفوذپذیری شکاف تا یک محدوده مشخص ریزش ثقلی را افزایش می دهد، چرا که در این حالت GOC با سرعت بیشتری تغییر می کنند و گاز سریع تر بلوک های ماتریسی را احاطه می کنند و زمان کافی برای بازیافت نفت ماتریس قبل از میان شکنی گاز وجود خواهد داشت و ضریب بازیافت بالا می رود. در قسمت سوم منحنی، با افزایش نفوذپذیری شکاف ضریب بازیافت کاهش می یابد. به این دلیل که نفوذپذیری بسیار بالای شکاف باعث میان شکنی سریع گاز و در نتیجه افزایش GOR می شود. شکل ها نشان می دهند در

www.SID.ir

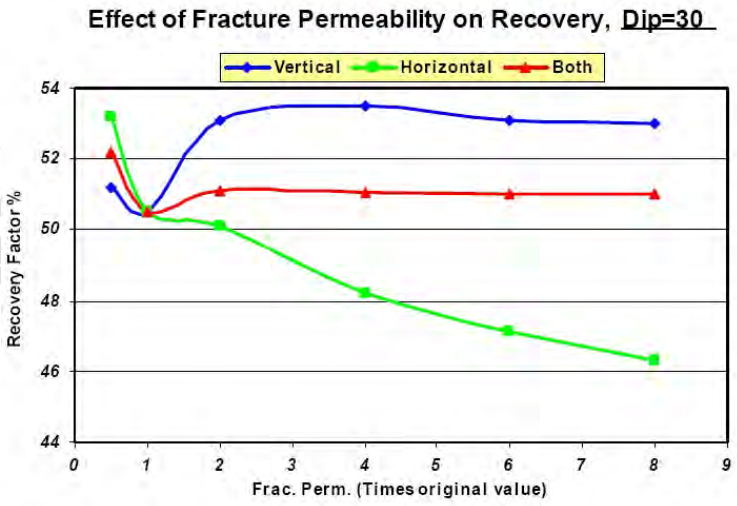
Archive of SID

این قسمت تأثیر افزایش نفوذپذیری افقی شکاف بیشتر از تأثیر افزایش نفوذپذیری عمودی شکاف می باشد. این مسئله به دلیل تأثیر بالای نفوذپذیری افقی شکاف بر حرکت سیال به سمت چاه های تولیدی است. هر چه نفوذپذیری افقی بیشتر باشد جریان سیال با سرعت بیشتری حرکت خواهد کرد.

در مدل های با شیب ۴۵° و ۶۰° نمودار بازیافت رفتار متفاوتی نسبت به مدل های با شیب ۳۰° و ۱۵° نشان می دهد. در این مدل ها بازیافت با افزایش نفوذپذیری شکاف کاهش می یابد. تأثیر نفوذپذیری عمودی شکاف کمتر از نفوذپذیری افقی است که این به دلیل تأثیر بالای نفوذپذیری افقی شکاف بر حرکت سیال به سمت چاه های تولیدی است.



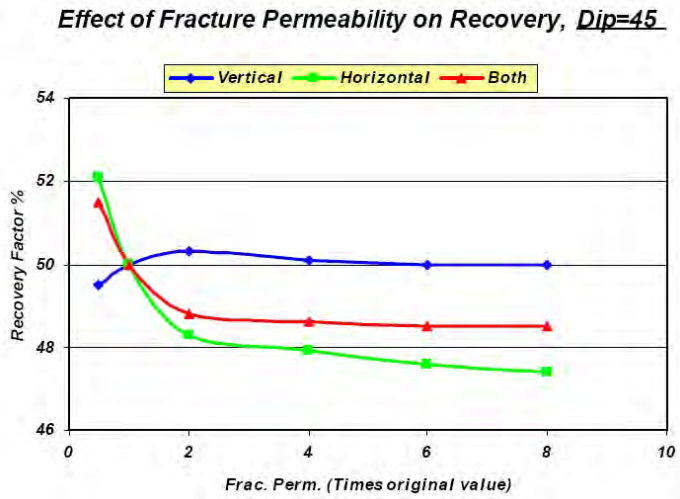
شکل ۷:تأثیر نفوذپذیری شکاف بر بایافت نهاییفرآیند تزریق گاز برای مدلی با شیب°۱۵



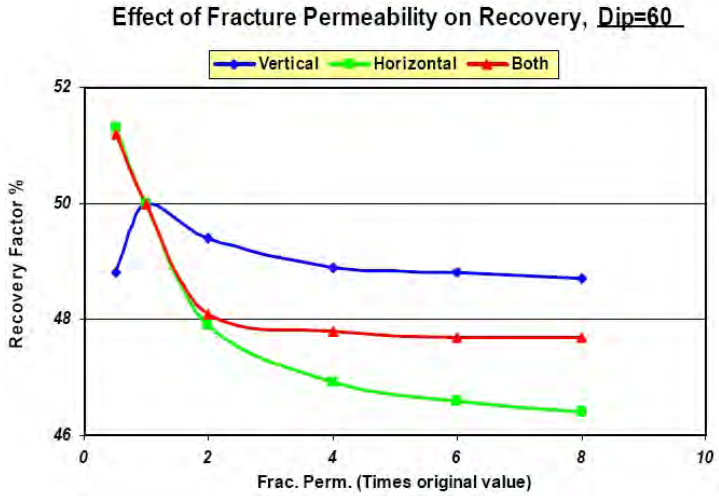
شکل ۸:تأثیر نفوذپذیری شکاف بر بایافت نهاییفرآیند تزریق گاز برای مدلی با شیب°۱۵

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹:تأثیر نفوذپذیری شکاف بر بایافت نهاییفرآیند تزریق گاز برای مدلی با شیب 45^{o}



شکل ۱۰:تأثیر نفوذپذیری شکاف بر بایافت نهاییفرآیند تزریق گاز برای مدلی با شیب 60^{o}

۳- تأثیر فاصله گذاری شکاف ها بر بازدهی تزریق گاز

به دلیل وجود شکستگی های وسیع و گسترده، تعیین دقیق سیستم فاصله گذاری شکاف ها و مخصوصاً ارتفاع بلوک های ماتریس از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد خصوصاً زمانی که اندازه یا حدود تغییرات ارتفاع بلوک در محدوده گذاری منحنی فشار موبینه قرار داشته باشند. نتایج نشان می دهد که کاهش اندازه ارتفاع بلوک از نیروهای ثقلی کاسته و تخلیه نفت کمتری از هر بلوک را در پی خواهد داشت. این امر به صورت حرکت سریع تر سطح تماس گاز – نفت و در پاره ای موارد به صورت گاز گرفتگی چاه در مدل نمایان است. همین امر باعث کاهش فشار گاز، نفت و آب در عمق های مربوطه می گردد که در نهایت باعث ورود آب بیشتری به مخزن و نیز صعود سطح تماس آب – نفت می گردد. همچنین افزیش ارتفاع بلوک باعث تقویت نیروهای ثقلی شده و در نتیجه استحصال نفت بیشتر از هر بلوک را در پی خواهد داشت. این امر به صورت حرکت آرامتر سطح تماس گاز و نفت در مدل نمایان می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴- ضریب عبورپذیری میان ماتریس و شکاف

برای بررسی تأثیر فاصله گذاری شکاف ها از ضریب عبورپذیری که تابعی از اندازه بلوک ماتریس می باشد استفاده می شود.

$$S = ۴\left(\frac{۱}{L_x^۲}+\frac{۱}{L_y^۲}+\frac{۱}{L_z^۲}\right) \quad (۱)$$

که در آن L_x , L_y , L_z اندازه بلوک در سه جهت می باشد. چنانچه اندازه ارتفاع بلوک ثابت فرض گردد، تغییر ضریب عبورپذیری بطور معکوس متناسب با تغییر طول و عرض بلوک می گردد. نتایج حساسیت سنجی این پارامتر نشان می دهد که حرکت سطح تماس گاز – نفت در اثر کاهش ضریب عبورپذیری سریع تر می گردد.

فاصله گذاری شکاف ها اندازه بلوک ماتریسی را تعیین می کند بنابراین بر ریزش ثقلی و بازیافت تأثیر می گذارد. شکل های ۱۱تا ۱۴ تأثیر تغییر فاصله گذاری شکاف بر بازدهی تزریق گاز برای شیب های مختلف مدل را نشان می دهند. برای بررسی حساسیت اندازه بلوک ها سه نوع تغییر بررسی شد: ۱- تغییر همزمان فاصله گذاری شکاف در جهت افقی و عمودی ۲- تغییر در فاصله گذاری افقی شکاف ۳- تغییر در فاصله گذاری عمودی شکاف.

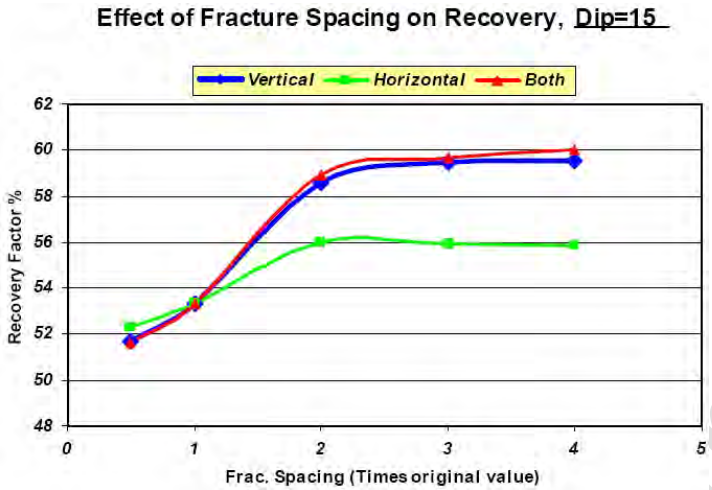
در شکل های ۱۱ تا ۱۴ محور افقی تغییرات فاصله گذاری شکاف را بر حسب ضریبی از فاصله گذاری اصلی شکاف نشان می دهد. اندازه اصلی بلوک های ماتریسی در جهات افقی و عمودی به ترتیب ۲۰ ft و ۹ ft می باشد. اندازه بلوک ها در جهت افقی از ۱۰ ft تا ۱۰۰ ft و اندازه بلوک در جهت عمودی از ۴/۵ ft تا ۴۵ ft تغییر داده شد.

نتایج نشان می دهد که نمودار ضریب بازیافت برای شیب های مختلف رفتار متفاوتی نشان می دهد. در مدل های با شیب کم($^\circ$ ۱۵ و $^\circ$۳۰)، ابتدا بازیافت نفت افزایش می یابد که این امر به دلیل کاهش ماندگی مویینگی با افزایش ارتفاع بلوک ماتریسی است که باعث افزایش بازیافت نفت می شود. اما بعد از این قسمت بازیافت نفت ثابت می ماند. این مسئله منطبق با این نظریه کلمنز و همکاران می باشد که پس از یک محدوده خاص، با وجود افزایش اندازه بلوک ماتریسی، نرخ ریزش ثقلی افزایش پیدا نمی کند. این امر به دلیل ثابت ماندن بخش مؤثر بلوک ماتریسی در بلوک های با اندازه بسیار بزرگ است.

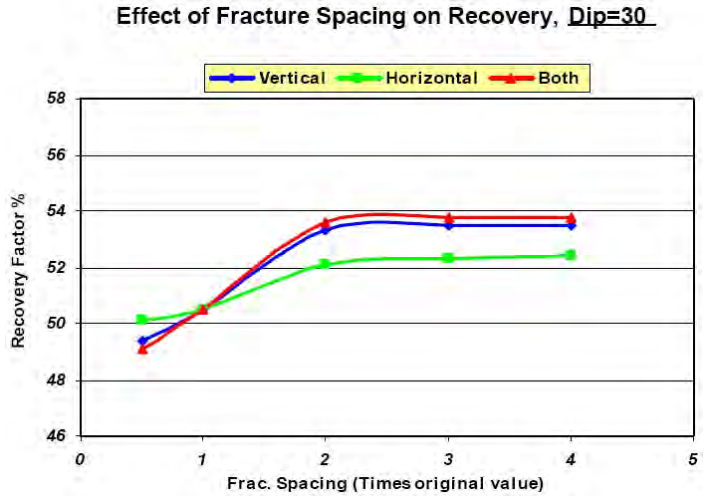
در مدل های با شیب $^\circ$۴۵ و $^\circ$ ۶۰ رفتار نمودار بازیافت در مقایسه با مدل های با شیب کم، متفاوت است. بازیافت در ابتدا مانند نمودارهای قبلی افزایش می یابد اما پس از آن به دلیل تأثیر پدیده انگشتی شدن ویسکوز، بازیافت کاهش می یابد. این امر به دلیل افزایش تأثیر پدیده انگشتی شدن ویسکوز با افزایش فاصله گذاری شکاف است که باعث میان – شکنی سریع گاز و کاهش بازیافت می شود. در انتها نیز نمودار بازیافت ثابت می ماند زیرا تأثیر شکاف ها در فاصله گذاری بسیار زیاد شکاف ها کم می شود. همچنین شکل ها نشان می دهند که تأثیر فاصله گذاری شکاف ها در جهت افقی کمتر از فاصله گذاری شکاف ها در جهت عمودی است. این به دلیل تأثیر زیاد فاصله عمودی شکاف ها (ارتفاع بلوک های ماتریسی) بر ماندگی مویینگی است.

www.SID.ir

Archive of SID



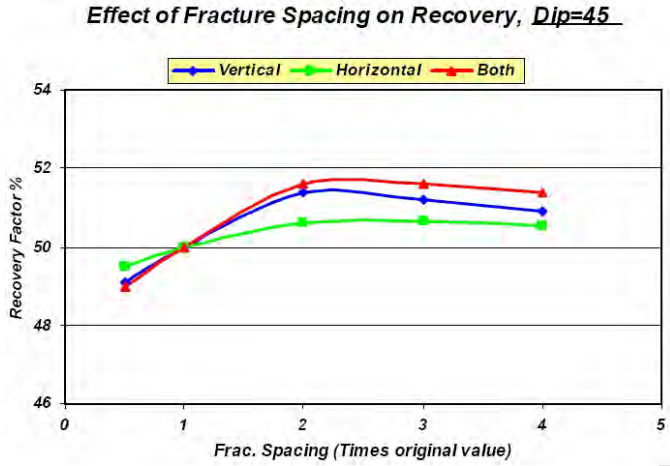
شکل۱۱: تأثیر فاصله گذاری شکاف بر بازیافت نهایی تزریق گاز برای مدل با شیب ۱۵°



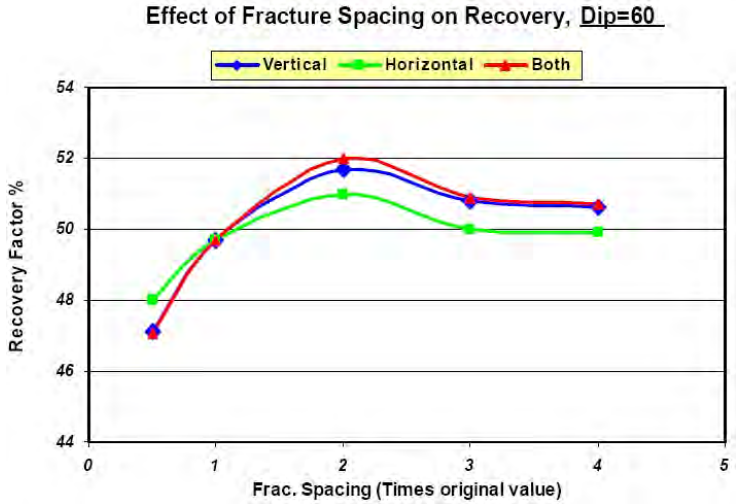
شکل۱۲: تأثیر فاصله گذاری شکاف بر بازیافت نهایی تزریق گاز برای مدل با شیب ۳۰°

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۳: تأثیر فاصله گذاری شکاف بر بازیافت نهایی تزریق گاز برای مدل با شیب ۴۵°



شکل۱۴: تأثیر فاصله گذاری شکاف بر بازیافت نهایی تزریق گاز برای مدل با شیب ۶۰°

بررسی و مقایسه شکل ها نشان می دهد، افزایش فاصله گذاری شکاف تأثیر تقریباً متفاوتی برای شیب های مختلف دارد. برای شیب های کم (۴۵°≤) با افزایش فاصله گذاری شکاف، ضریب بازیافت ابتدا افزایش یافته و سپس ثابت می ماند اما در شیب های بالا (۴۵° ≤) ضریب بازیافت در ابتدا مانند نمودارهای قبلی افزایش می یابد اما پس از آن کاهش می یابد. همچنین می توان گفت بطور کلی تأثیر نفوذپذیری افقی شکاف بیشتر از نفوذپذیری عمودی شکاف است.

نتیجه گیری

بررسی نتایج مدل های استفاده شده نشان می دهند برای مدل های شیب دار تزریق گاز بازدهی بالاتری نسبت به تزریق آب دارد و این مسئله با افزایش شیب مخزن افزایش می یابد.، افزایش فاصله گذاری شکاف تأثیر تقریباً متفاوتی برای شیب های مختلف دارد. برای شیب های کم (۴۵°≤) با افزایش فاصله گذاری شکاف، ضریب بازیافت ابتدا افزایش یافته و سپس ثابت می

www.SID.ir

Archive of SID

ماند اما در شیب های بالا ($\geq 45^{\circ}$) ضریب بازیافت در ابتدا مانند نمودارهای قبلی افزایش می یابد اما پس از آن کاهش می یابد.

منابع

[۱] Keelan, D.K., and Marschall,D.M.,. Fundamentals of coreanalysis. Core Laboratories,Houston1989.
[۲] Iverson, W., Permeability estimation from sonic versuseporosity gradient. Society of Exploration Geophysicists international meeting,1990.
[۳]J.L.Wilson ,Carbonate facies in geologic history.,183Figs.,Berlin-Heidelberg-New York:Springer,1975.
[۴]Jufeyr Field. Full field study and master development plane.Reservoir Characterisation.Sub Volume 2.6-Reservoir Engineering, January2008.
[۵]Jufeyr Field.. Full field study and master development plane.Geology Report.
[۶]James W.Amyx. Daniel M.Bass,JR. Robert L.Whiting. Petroleum Reservoir Engineering.
[۷] M.A. Diaz et.al.Rock typing as an effective tool for permeability and water-saturation modeling. SPE 97033, G.GUO, SPE.

www.Reservoir.ir

www.SID.ir