Archive of SID

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

بررسی آسیب سازند طی تشکیل میعانات گازی در مخازن گاز میعانی و روش های جلوگیری و بهبود آن

عباس گزمه[۱] مهدی زلقی[۱]

[۱] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده مهندسی نفت، تهران، ایران

چکیده

در مخازن گاز میعانی با کاهش فشار به زیر فشار نقطه شبنم باعث تجمع میعانات می گردد. از اینرو حرکت گاز به دهانه چاه کاهش می یابد. در این مخازن معمولا در فشار و دما بالا مواجه هستیم، و سیستم سیال در شرایط نزدیک بحرانی می باشد. در مخازن گاز میعانی اغلب وقتی فشار نزدیک دیواره چاه به زیر فشار نقطه شبنم می رسد باعث کاهش سریع تولید می گردد . تجمع میعانات در اطراف چاه می تواند باعث آسیب سازند در مخازن گاز میعانی می گردد. این امر باعث کاهش تراوای موثر و در نتیجه کاهش تولید گاز می شود. همچنین اثر تجمع میعانات در مخازن با تراوایی کم بیشتر مشهود می باشد.

در این تحقیق در مورد آسیب سازند دراثر تجمع میعانات و چگونگی جلوگیری و یا غلبه بر آن پرداخته می شود.

تغییر ترشوندگی،چاه افقی و کاهش جریان غیردارسی می توانند سه راه حل مناسب برای افزایش بهره دهی چاه ها در مخازن گاز میعانی می باشد. نتایج حاصل از این تحقیق گامی در جهت بهبود مدیریت مخازن میعانات گازی با درک بهتر مکانیزم آسیب سازند و راه های جلوگیری و یا غلبه بر آن است.

Abstract
Gas-condensate reservoirs below the dew point pressure increases with decreasing pressure condensate is. Hence the span gas wells is reduced. Pressure and high temperature are usually encountered in these reservoirs, and fluid in the system is critical. Gas-condensate reservoirs often when pressed close to the wall well below the dew point pressure is produced is decreasing rapidly. Condensate accumulation around the wellbore may cause formation of gas condensate reservoirs is. This reduces the effective permeation and gas production is a result. The effect of condensate accumulation in reservoirs with low permeability is more evident. In case of damage due to condensate accumulation in the survey and how to avoid or overcome them are discussed.
Wettability alteration, horizontal wells and reduce the Ghyrdarsy can fit three solutions to increase the productivity of wells in gas condensate reservoirs is.

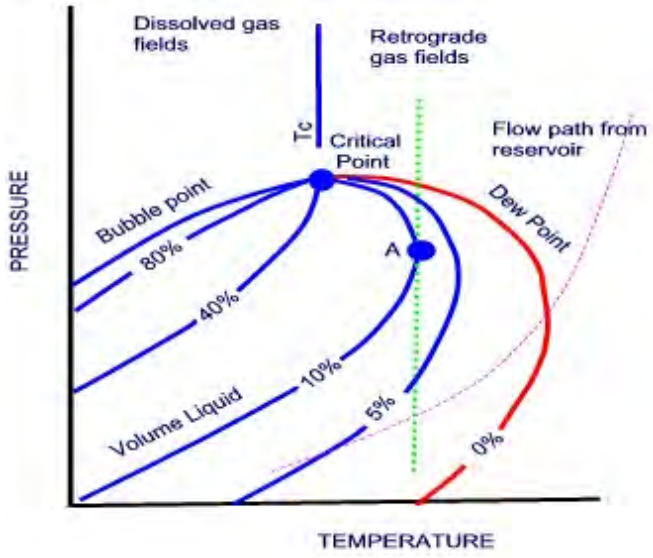
کلمات کلیدی: مخازن گازی، میعانات گازی،آسیب سازند، نقطه شبنم

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مخازن گاز میعانی ابتدا در فشار بالای فشار نقطه شبنم می باشد، ازاینرو مخازن حاوی گاز تک فازی می باشد. با شروع تولید و کاهش فشار به زیر نقطه فشار شبنم در مخازن گاز میعانی باعث تجمع میعانات در اطراف دیواره چاه می گردد. تجمع میعانات باعث به دو طریق اثرات در مخازن گاز میعانی اثرات منفی دارد. اول آن که حجم زیادی از میعانات بسیار ارزشمند در مخزن باقی مانده و تولید نمی گردد. علاوه بر این، توده ی میعانات آسیب سازند منجر به کاهش نفوذپذیری مؤثر گاز و در نتیجه افت شدید تولید از چاه می گردد.



شکل ۱ نمودار فازی مخازن گاز میعانی

مخازن گاز میعانی بدلیل تجمع میعانات گازی اطراف دهانه چاه رفتار پیچیده ای از خود نشان میدهند. که این پدیده به خاطر افت فشار ته چاهی به زیر فشار شبنم سیال می باشد. مخازن گاز میعانی مخزنی است که دمای مخزن بین دمای نقطه بحرانی و نقطه حداکثر دما واقع شده است. به هیمن دلیل چنانچه فشار مخزن کاهش یابد و به نقطه شبنم فوقانی (Upper Dew Point) برسد مقداری مایع در مخزن تشکیل می شود. این مایع در فضای متخلخل سنگ به دام افتاده و معمولاً فاقد تحرک (Immobile) می باشد. بنابراین مقدار قابل توجهی از هیدروکربن های میانی که ارزش اقتصادی بسیاری دارند در مخزن باقی مانده و تولید نمی شوند. همچنین، مایع تشکیل شده در مخزن نفوذ پذیری موثر گاز را کاهش داده و در نتیجه بهردهی (Productivity) مخزن را کاهش می دهد.

بیشتر روش های کاهش تجمع میعانات برای کاهش افت فشار ته چاهی و در نتیجه نگه داشتن فشار در بالای نقطه شبنم می باشد. در مواردی که این روش ها کاربردی نباشد، تشکیل میعانات را بوسیله افزایش ناحیه

www.SID.ir

Archive of SID

ورودی جریان و دستیابی به جریان خطی بجای جریان شعاعی در چاه را می توان کاهش داد. این کار باعث حداقل کاهش در تراوایی گاز در ناحیه نزدیک دیواره چاه می گردد. هر دو این مزایا را می توان با شکافت هیدرولیکی بدست آورد.

روشهای مختلفی همچون حفاری چاههای انحرافی یا افقی به جای چاههای عمودی، شکاف هیدرولیکی در چاههای عمودی قبل و بعد از تشکیل توده میعانات گازی و اسیدکاری بعد از تشکیل میعانات به منظور جبران افت بهره دهی ناشی از تشکیل توده میعانات اجرا شده است. شکاف هیدرولیکی مخزن به عنوان یک روش معمول به منظور بهبود تولید از سازندهای سخت مورد استفاده قرار میگیرد. طبیعت پیچیده جریان گاز و میعانات در نزدیکی دهانه چاههای تولیدی با حضور شکافهایی با تراوایی بالا که منجر به تفاوت زیاد در تراوایی اطراف دهانه چاهها می شود، مشخصه های جریانی را تغییر می دهد. مشخص شده است که تراوایی نسبی گاز و میعانات همراه آن در نواحی نزدیک دهانه چاه بطور شدید تحت تأثیر سرعت فازهای مختلف و همچنین خواص فیزیکی جریان واقع می شود، که این وابستگی عمدتاً بوسیله عدد مویینگی و جریان جزئی گاز به میعانات همراه آن در معادلات بیان کننده تراوایی نسبی که خود تابعی از سرعت هستند بیان می شود.

تشکیل میعانات گازی و آسیب سازند

با کاهش فشار به زیر نقطه شبنم و تجمع میعانات باعث آسیب به سازند در مخازن گاز میعانی می گردد. این آسیب از طرفی با باقی ماندن حجم زیادی از میعانات بسیار ارزشمند در مخزن که قابلیت تولید ندارد، و همچنین ، تجمع میعانات منجر به کاهش نفوذپذیری مؤثر گاز و در نتیجه افت شدید تولید از چاه می گردد.

آزمایشات و مطالعات شبیه سازی عددی بسیاری برای بدست آوردن راهی به منظور کاهش اشباع میعانات در اطراف دیواره چاه انجام شده است. برخی مطالعات با تمرکز بر روی افزایش نیروی ویسکوزیته و کاهش کشش بین سطحی انجام شده است و برخی دیگر بر روی تزریق گاز و کاهش ترشوندگی حالت مایع می باشد. علی و همکاران (۱۹۹۳) مشاهده نمودند با کاهش کشش بین سطحی باعث کاهش اشباع میعانات در دیواره چاه می گردد. آنها همچنین نشان دادند که کشش بین سطحی چگونه بر تحرک مایع در سیستم های میعانی برای سیالات نزدیک نقطه بحرانی تاثیر می گذارد. بوم و همکاران (۱۹۹۶) بیان نمودند که افزایش نیروی ویسکوزیته باعث کاهش تجمع میعانات در دیواره چاه می گردد. آنها با استفاده از مدل آزمایشگاهی برای مطالعه تحرک میعانات گازی در ناحیه نزدیک دیواره چاه پرداختند و مشاهده نمودند که فاز تر و غیرتر به طورقابل توجه ای افزایش می یابد. احمد و همکاران(۱۹۹۸) با آنالیز روش های تزریق گاز بعنوان یک روش

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش اشباع میعانات در اطراف دیواره چاه پرداختند. آنها با مطالعه امکان سنجی کاهش تجمع مایع در دیواره چاه بوسیله روش تزریق گاز Huff and Puff ابزار نمودند این روش امکان کاهش تجمع مایع در اطراف دیواره چاه را دارد. فیروزآبادی و لی (۲۰۰۰) با بررسی افزایش نیروهای ویسکوزیته در جهت کاهش اشباع میعانات پرداختند و با استفاده از یک مدل شبکه ای ساده به مطالعه اثرات گراویتی، نیروی های ویسکوزیته، کشش بین سطحی، ترشوندگی و تراوایی نسبی سیستم های گاز میعانی پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که ترشوندگی اثر زیادی روی اشباع بحرانی میعانات و تراوایی نسبی دارد و در نتیجه تراوایی نسبی با افزایش زاویه تماس در اشباع معین افزایش می یابد.

روش های جلوگیری آسیب سازند و بهبود آن

شکاف هیدرولیکی رایج ترین روش مورد استفاده برای کاهش مشکل تجمع میعانات می باشد. ایجاد شکاف هیدرولیکی در سازند اطراف چاه باعث کاهش چشمگیر در افت فشار مورد نیاز تولید از چاه می گردد. بعلاوه تجمع فاز هیدروکربوری مایع در مقابل شکاف ها اثری بر بهره دهی چاه و همچنین در جریان شعاعی اطراف دیواره چاه ندارد.

اخیرا استفاده از حلال ها و سورفکتانت ها مانند متانول در چاه های مخازن گاز میعانی پیشنهاد شده است که شکاف دهی هیدرولیکی گزینه مناسبی نیست. استفاده از متانول باعث حذف میعانات و تجمع آب در اطراف دیواره چاه می گردد. این کار باعث جریان گاز آزادانه در ناحیه اطراف چاه می گردد، در نتیجه افت فشار کمتر شده و تجمع میعانات آهسته تر میگردد. در محدده خاص دمایی و فشاری، حضور فاز متانول باقیمانده در ناحیه نزدیک دیواره چاه همچنین می تواند باعث بازدارندگی از تشکیل میعانات برای یک دوره زمانی گردد.

بر اساس نتایج تحقیقات، ایجاد شکاف هیدرولیکی می تواند تا سه برابر شاخص بهره دهی از چاه های مخازن گاز میعانی را در هر دو محدوده ی فشار بالا و پایین فشار نقطه ی شبنم افزایش دهد .شکاف هیدرولیکی، متناسب با طول و شاخص بدون بعد رسانایی (Dimensionless Conductivity)خود، می تواند عملکرد چاه را در بلند مدت بهبود بخشد .در حقیقت ایجاد شکاف در دیواره ی چاه (که در اعماق کم در راستای عمودی و در اعماق بیش از ۲۰۰۰ فوت در جهت افقی گسترش می یابند) باعث حذف اثر پوسته ای ناشی از تجمع میعانات و نیر افزایش قابلیت هدایت جریان به سوی چاه می گردد که این خود عاملی جهت به حداقل رسیدن آشفتگی جریان (Turbulency) بوده و مانع از افت بهره وری چاه می شود .

www.SID.ir

Archive of SID

یکی دیگر از راهکارهای ارائه شده برای جلوگیری از آسیب های رایج در مخازن گاز میعانی ، حفر چاه‌های افقی است .از جمله فواید حفر این گونه چاه ها می توان به نرخ بیشتر تولید گاز ومیعانات با افت فشاری بسیار کمتر از چاه های عمودی و در نتیجه جلوگیری از ایجاد پوسته ی میعانی اشاره کرد .یک چاه افقی به مانند یک شکاف با طول و گشودگی بسیار زیاد عمل کرده و سطح تماس چاه با مخزن را افزایش داده و افت فشارناشی از تولید را کاهش می دهد . هاشمی و همکاران(۲۰۰۵) با مقایسه ی شرایط تولید از چاه های افقی در مقایسه با چاه های عمودی با شکاف هیدرولیکی و بدون آن ، میزان کارآیی حفر این گونه چاه ها در مخازن گاز میعانی را ارزیابی کنند.

مولدی و پینزوسکی(۱۹۹۹) با بازده تولید بین چاه های افقی و عمودی برای ناهمگنی های مختلف در مخازن گاز میعانی را مورد بررسی قرار دادند. آنها یافتند که بازده چاه افقی در مخازن با میانگین تراوایی بالا بیشتر از چاه های عمودی است. دیهانه و همکارن (۲۰۰۰) با بررسی بازده چاه های افقی و عمودی در طرح های مختلف تخلیه متوجه شدند که چاه های افقی افت فشار کمتری نسبت به چاه عمودی در مخازن گاز میعانی دارد و تمجع میعانات را می توان با استفاده از چاه های افقی کاهش داد. هریش و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از روش های آنالیز چاه آزمایی عددی چاه افقی گاز میعانی را ازیابی نمودند. آنها یافتند که اثرات چندفازی کمی روی پاسخ فشار در سسیتم داشته در صورتیکه رژیم هیا جریان چاه افقی عامل کنترل کننده به نظر می رسد.

با استفاده از تغییر ترشوندگی سنگ مخزن به سمت ترشوندگی گازدوستی میانه می تواند باعث افزایش بهره دهی چاه ها در مخازن گازی میعانی گردد. فیروز آبادی و لی (۲۰۰۰) بیان نمودند با تغییر ترشوندگی به حالت گازدوستی میانه اشباع بطور مستقل از گراویتی و کشش سطحی باعث کاهش اشباع بحرانی میعانات می گردد.

تانگ و فیروزآبادی (۲۰۰۰) با مطالعه پویایی فاز گاز و مایع قبل و بعد از تغییر ترشوندگی از ترشوندگی قوی حالت مایع به ترشوندگی حالت گاز میانی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که ترشوندگی سنگ مخزن در سیستم نفت-گاز می تواند به حالت گاز دوستی میانه تغییر کند و در نتیجه افزایش پویایی فاز مایع را در بر داشته باشد. کمار و همکاران (۲۰۰۶) داده های حالت تراوایی نسبی گاز میعانی قبل و بعد از استفاده از چندین سورفکتانت های پلیمری فلوئوردار در ترکیب متانول-آب را موزد مطالعه قرار دادند. آنها متوجه شدند که شاخص بهره دهی ۲ تا ۳ برابر در مغزه های ماسه سنگی در دمای بین ۱۴۵ تا ۲۷۵ درجه فارینهایت افزایش می باید. این نشان دهنده این بود که روش تغییرترشوندگی می تواند با هزینه های کم و تنها تغییر تروشوندگی دیواره اطراف چاه باعث افزایش تولید می گردد. انازی و همکاران(۲۰۰۷) با بررسی اثربخشی مواد شیمیایی مختلف در تغییر تروشوندگی مخازن گاز میعانی از حالت مایع دوست به گاز دوستی میانه پرداختند. آنها بیان نمودند که سورفکتانت ها بوسیله حجم،زمان ، تراوایی و دما بر ترشوندگی این مخازن موثر می باشند. همچنین

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اثر چشمگیر جریان غیردارسی بر کاهش دبی تولیدی در چاه های مخازن گاز میعانی می توان با کاهش جریان غیر دارسی بازده تولید چاه را در این مخازن را افزایش داد.

- روش های بهبود بهره وری با حذف اثر پوسته ایجاد شده و تحریک چاه

در مخازن گاز میعانی با جدا شدن فاز مایع و رسیدن به اشباع بحرانی و متحرک شدن این فاز، نفوذ پذیری نسبی فاز گاز کاهش زیادی می یابد و این خود عاملی برای کاهش بهره وری چاه می باشد .دلیل دیگر آن که با خارج شدن سیال از حالت نزدیک به بحرانی و ایجاد ترکیب دو فازی ، کشش سطحی (IFT) بین دو فاز افزایش یافته و نیروهایی موئینه قوت بیشتری می گیرند و در مقابل جریان سیال مقاومت ایجاد می کنند .

راه رفع اثر پوسته شامل :

۱) بازگردانی گاز (Gas Recycling)

بهترین روش که تا کنون برای رفع اثر پوسته ی میعانی انجام شده ، باز گردانی گاز به درون چاه است . بدین طریق که پس از مدتی تولید از چاه و افت فشار جریان ته چاه ، برای بازه ای مشخص گاز را باید به درون چاه تزریق کنند .بهترین منبع برای گاز تزریقی ، گاز تولید شده از همان مخزن است که میعانات آن گرفته شده باشد .در این فرآیند در مرحله ی اول فشار مخزن بازیابی می شود و سیال به حالت شبه بحرانی نزدیک می شود . همچنین میعانات ایجاد شده دوباره در گاز تزریقی حل می شوند و پوسته ی ایجاد شده تا حدود زیادی ناپدید می گردد .

۲) عملیات اسید کاری

روش دیگری که برای تحریک چاه و حذف اثر پوسته انجام میشود عملیات اسید کاری است که با شستشوی دیواره ی چاه و حذف اثر پوسته باعث برقراری جریان سیال می گردد .

۳) تزریق حلال های شیمیایی

این روش یک تکنولوژی جدید ارائه شده برای بهبود عملکرد مخازن گاز میعانی دانست .نتایج حاصل از یک بررسی موردی نشانگر دو برابر شدن شاخص تولید در ۴ ماهه ی اول تزریق متانول به درون مخزن بوده که در دراز مدت این تأثیر به نرخ بهبود پنجاه درصدی کاهش یافته است .

۴) افزایش سرعت برداشت

www.SID.ir

Archive of SID

در سال ۱۹۹۴، عده ای از محققان در دانشگاه Heriot-Watt اسکاتلند، از جمله دکتر تهرانی و پروفسور دانش ، برای اولین بار به نقش مثبت افزایش سرعت برداشت پس از ایجاد تجمع میعانی در ناحیه ی اطراف چاه، در افزایش نفوذ پذیری نسبی گاز و مایع و در نتیجه افزایش شاخص بهره وری اشاره نمودند .در حالت تک فازی، افزایش سرعت تولید موجب ایجاد جریان آشفته و افزایش نیروهای لختی (Inertia) می گردد که به نوبه ی خود مانعی در برابر جریان سیال ایجاد می کنند، اما آزمایشات نشان داده است در صورت وجود درصد بالایی از میعانات ، اثر تزویج مثبت (Positive Coupling Effect) بر اثر نیروهای لختی غلبه کرده و جریان سیال دوفازی را بهبود می بخشند.

نتیجه گیری

در مخازن گاز میعانی با کاهش فشار به زیر نقطه شبنم باعث تجمع میعانات در اطراف دیوراه چاه می گردد. تجمع میعانات در اطراف چاه می تواند باعث آسیب سازند در مخازن گاز میعانی می گردد. این امر باعث کاهش تراوای موثر و در نتیجه کاهش تولید گاز می شود.

روش های تولید بهینه از مخازن گاز میعانی را میتوان به دو دسته تقسیم کرد: دسته اول روش هایی جهت جلوگیری از ایجاد تجمع میعانات در مخزن و دسته دوم حذف اثر پوسته (Skin Effect) ایجاد شده و تحریک چاه جهت افزایش بهره وری می باشند.

سه روش تغییر ترشوندگی به ترشوندگی میانی گاز دوستی، چاه افقی با کاهش افت فشار در اطراف دیوراه چاه و کاهش جریان غیردارسی می تواند بهترین راه حل برای بهره دهی بیشتر در چاه های مخازن گاز میعانی باشد.

منابع

Ahmed, T., Evans, J., Kwan, R., and Vivian, T. (1998). Wellbore Liquid Blockage in Gas-Condensate Reservoirs. Paper SPE 51050 presented at the SPE Eastern Regional Meeting, Pittsburgh, Pennsylvania, 9-11 November.

Al-Anazi, H., Xiao, J., Al-Eidan, A., Buhidma, I., Ahmed, M., Al-Faifi, M., and Assiri, W. (2007). Gas Productivity Enhancement by Wettability Alteration of Gas-Condensate Reservoirs. Paper SPE 107493 presented at European Formation Damage Conference, Scheveningen, The Netherlands, 20 May-1 June.

Boom, W., Wit, K., Zeelenberg, J., Weeda, H., and Maas, J. (1996). On the Use of Model Experiments for Assessing Improved Gas-Condensate Mobility Under Near-Wellbore Flow Condition. Paper SPE 36714 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, 6-9 October.

www.SID.ir

Archive of SID

El-Banbi, A.H., McCain, W.D. and Semmelbeck, M.E.: "Investigation of Well Productivity in Gas-Condensate Reservoirs," paper SPE 59773 presented at the 2000 SPE/CERI Gas Technology Symposium, Calgary, 3 – 5 April.

Dake, L. (1978). *Fundamentals of Reservoir Engineering*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

Dehane, A., Algeria, D., and Osisanya, S. (2000). Comparison of the Performance of Vertical and Horizontal Wells in Gas-Condensate Reservoirs. Paper SPE 63164 presented at SPE Annual Technical conference and Exhibition, Dallas, Texas, 1-4 October.

Harisch, R., Bachman, R., Puchyr, P., and Strashok, G. (2001). Evaluation of a Horizontal Gas-Condensate Well Using Numerical Pressure Transient Analysis. Paper SPE 71588 presented at SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, Louisiana, 30 September-3 October.

Hashemi, A., and Gringarten, A. (2005). Comparison of Well Productivity Between Vertical, Horizontal and Hydraulically Fractured Wells in Gas-Condensate Reservoirs. Paper SPE 94178 presented at SPE Europe/EAGE Annual Conference, Madrid, Spain, 13-16 June.

Henderson, G.D., Danesh, A., Tehrani, D.H., and Peden, J.M.: "The Effect of Velocity and Interfacial Tension on Relative Permeability of Gas Condensate Fluids in the Wellbore Region," SPEJ (1997) 265.

Kumar, V., Pope, G., and Sharma, M. (2006). Improving the Gas and Condensate Relative Permeability Using Chemical Treatments. Paper SPE 100529 presented at SPE Gas Technology Symposium, Calgary, Alberta, Canada, 15-17 May.

Li, K. and Firoozabadi, A. (June 2000). Phenomenological Modeling of Critical Condensate Saturation and Relative Permeabilities in Gas Condensate Systems, SPEJ **5** (2):138-147.

.

Li, K. and Firoozabadi, A. (April 2000). Experimental Study of Wettability Alteration to Preferential Gas-Wetting in Porous Media and Its Effects, SPEREE **3** (2):139-149.

Muladi, A., Pinczewski, W. (1999). Application of Horizontal Well in Heterogeneity Gas Condensate Reservoir. Paper SPE 54351 presented at SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Jakarta, Indonesia, 20-22 April.

www.SID.ir

Archive of SID

Tang, G., and Firoozabadi, A. (2000). Relative Permeability Modification in Gas/Liquid systems Through Wettability Alteration to Intermediate Gas Wetting. Paper SPE 81195 presented at SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, 1-4 October.

Muladi, A., Pinczewski, W. (1999). Application of Horizontal Well in Heterogeneity Gas Condensate Reservoir. Paper SPE 54351 presented at SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Jakarta, Indonesia, 20-22 April.

www.Reservoir.ir

www.SID.ir