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

تکنولوژی بازگردانی آب به ته چاه در لایه غیرتولیدی جهت کنترل مخروط شوندگی

علی حسینی [۱] – سید روح الله تقی زاده [۲] – محمدامین غلامزاده [۳]
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گچساران-گروه مهندسی نفت-امیدیه-ایران [۱و۳]
دانشگاه آزاد اسلامی واحدامیدیه-گروه مهندسی نفت-گچساران-ایران [۲]
aa199049@yahoo.com [۱]

چکیده

یک روش آنالیز تحلیلی و عددی جدید برای سیستم تکمیل و تولید از چاههای نفتی تحت تأثیر مخروطی شوندگی آب باید بررسی شود.این روشها این توانایی را دارند که نفت چاه را بدون درصد برش آب یا به مقدار جزئی با نصب تکنولوژی بازگردانی آب تولید نمایند. به طور معمول یک چاه تولیدی نفت در نواحی نفت و آب به سه جداساز فیزیکی می تواند بصورت جداگانه تکمیل شود. تکمیل بالایی نفت را به سمت سطح زمین تولید می کند درصورتی که تکمیل میانی و پایینی آب را از نواحی تولیدی تخلیه و یا به سایر لایه های غیر تولیدی در سازند تخلیه می کنند.

کلمات کلیدی: چاه هوشمند، مخروط شوندگی آب، تکمیل چاه، چاه تولیدی، جداساز فیزیکی(پکر)، افت فشار.

www.Reservoir.ir

[۱] کارشناس ارشد مهندسی شیمی-مخازن هیدروکربوری، [۳] عضو هیئت علمی مهندسی نفت
[۲] عضو هیئت علمی مهندسی نفت

www.SID.ir

Archive of SID

۱-مقدمه

از وقتی که آقایان Muskat and Wyckoff در سال ۱۹۴۵ مشکل تولید آب را مورد مطالعه قرار دادند و بر روی مکانیزم های مخروطی شدن بحث کردند، تا حالا تلاش های بی شماری جهت فهمیدن و کنترل کردن این پدیده و به کارگیری روشهای متعدد انجام گرفته است که شامل مشبک کاری چاه در نواحی دورتر از سطح تماس نفت- آب، نگهداشتن دبی تولید به زیر دبی بحرانی، ایجاد کردن موانع تراوایی میان نواحی نفت و آب به کمک تزریق زرین یا پلیمرها یا ژلها، استفاده کردن از چاه افقی جهت به تأخیر انداختن سرعت بحرانی، کنترل تحرک سیالات مخزن با آب می باشد. در اینجا انعطاف پذیری و یکنواختی تکنولوژی بازگردانی آب به ته چاه و لایه های غیر تولیدی برای کنترل کردن تولید آب استفاده می کنیم.

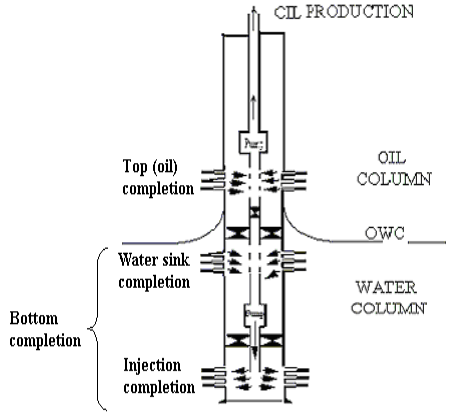
تکنولوژی بازگردانی آب به ته چاه (لایه های غیر تولیدی) برای کنترل مخروط شوندگی آب یکی از دلایل اصلی مخروط شوندگی آب در چاه نفت به دلیل افت فشار ایجاد شده به کمک نفت تولید شده در ناحیه نفتی است اگر یک افت فشار مساوی در سفره آب به کار ببریم آب به طرف بالا صعود نمی کند و مخروط شوندگی آب را می توان کنترل کرد آن گاه آب را می توان به طرف سطح زمین هدایت کرد یا در یک ناحیه غیر تولیدی پائین تر از سفره آب زیر زمینی تزریق کنیم. روش اول را Downhole Water Sink(DWS) می نامیم که در سال های اخیر مطالعه و به کار گرفته شده است در صورتی که تکنولوژی بازگردانی آب به ته چاه که نسبتاً هم سنجی جدیدی نسبت به (DWS) است اما مزایای و پتانسیل های مفیدی جهت بهبود تولید نفت را نشان می دهد.

۲-روش ها و مکانیزمهای تکمیل چاه با تکنولوژیDWL

در مخروط شوندگی آب سطح تماس دینامیکی آب - نفت که ناشی از افت فشار ایجاد شده به کمک نفت تولیدی می باشد که به طرف بالا تغییر شکل پیدا می کند. بنابراین یک افت فشار معادل درناحیه آبی از بالا آمدن آب جلوگیری می کند.

شکل ۱ مکانیزمهای کنترل سیستم چاه (DWL) رانشان می دهد. یک چاه به صورت دوگانه در ناحیه نفتی و آبی تکمیل می شود و این تکمیل دوگانه به کمک جداسازهای فیزیکی که در زیر سطح تماس آب و نفت در داخل چاه قرار دارند از هم جدا می شوند. تکمیل در هر دو ناحیه آب و نفت شامل یک پمپ غوطه ور می باشد.

پمپ غوطه ور بالا، نفت را به سطح زمین هدایت می کند در صورتی که پمپ پائین، آب سازند در اطراف چاه را تخلیه کرده وبه یک ناحیه آبی عمیق تر تزریق می کند. بنابراین مخروط آب از میان شکن شدن ستون نفتی در ناحیه مشبک کاری نفت تولید ممانعت می کند.

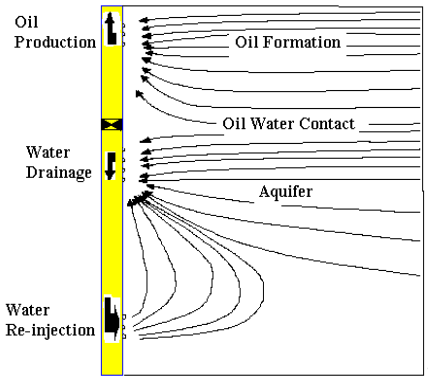


شکل ۱:تکمیل چاه با تکنولوژی DWL

www.SID.ir

Archive of SID

ممکن است از تئوری پتانسیلِ جریان جهت توسعه دادن خطوط جریان و خطوط ایزوپتانسیل برای حالتی از جریان سیال دو بعدی در سیستم چاه(DWL) که در شکل دو نشان داده شده است استفاده کنیم. در یک سیستم شعاعی، تغییر افت فشار با شعاع نسبت عکس با شعاع متناسب است[۱۰]. این بدان معنا است که در فواصل دورتراز حفره چاه گرادیان فشار خیلی کوچک است این گرادیان فشار حتی برای مشبک کاری جزئی هم کوچک است. با تزریق مجدد آب تولیدی به دور از بازه تولیدی می توان از اثرات فشار و مکانیسم های جابجایی آب دوری کرد. همچنین تکمیل کردن آب تولیدی تزریقی با آب خارجی به منظور بالا بردن جابجایی آب به طور زیادی می توان بازیافت نفت را بهبود بخشید. [۵،۴].



شکل ۲:خطوط جریان از یک منبع تولیدی در یک سیستم شعاعی

۳-مقایسه بین چاههای با تکنولوژیهای(DWL) و (DWS)

با توصیفات بالا می توانیم سیستم (DWL) را براساس(DWS) طراحی کنیم و آن را می توانیم به عنوان یک مدل اصلاح شده از (DWS) با تجهیزات و عملکرد بیشتری مورد عمل قرار دهیم. در طراحی ساختار چاه با تکنولوژی (DWS)یک پکر، یک پمپ و یک نوع تکمیل دوگانه وجود دارد، در صورتی که با تکنولوژی(DWL) دو پکر، دو پمپ و سه تکمیل وجود دارد.هنگامی که از چاه تولید می کنیم تکنولوژی DWS آب و نفت را به طور جداگانه تولید می کند وهر دو آنها را به سطح زمین جریان می دهد. اما این سیستم دارای برخی اشکالات می باشدکه شامل هزینه های زیادی جهت پمپ کردن جریان آب به سطح است،بویژه زمانی که چاه عمیق است و پدیده مخروط شوندگی سریع اتفاق می افتد که این عامل سبب ایجاد هزینه اضافی جهت بالا آوردن آب به سطح زمین به ویژه در میادین دریایی، جایی که فضای کافی برای تجهیزات محدود است و همچنین آب تولیدی برای محیط زیست مضر است و هنگامی که مقداری از آب تولیدی دفع شود. انرژی مخزن زمانی که هر دو سیال نفت آب از سازند خارج می شود تحت تأثیر خواهد گرفت. بنابراین شاید انرژی کافی جهت بالا آوردن نفت از چاه وجود نداشته باشد. که این می تواند بازیابی نهایی را کاهش دهد به هر حال DWL می تواند بر این اشکالات غلبه کند.

در این روش نیازی به پمپ کردن زیاد آب به سطح زمین نیست، فقط به دبی پمپ کمی جهت تزریق آب به سفره آب زیر زمینی نیاز است پاکسازی آب کمتر از چاههای معمولی است. بخاطر آن که مخروط شوندگی کنترل شده و آب زیادی تولید نمی شود. همچنین این روش جهت جلوگیری از تولید آب به محیط زیست است پس این روش تمام انرژی مخزن را تخلیه نمی کند فشار سفره آب زیر زمینی را می توان نگاه داشت و همچنین نیروی رانش آب را به کمک تزریق آب به ناحیه آبی می توان حفظ نمود. بنابراین بازیابی نهایی نفت می تواند بهبود بخشید بویژه در مخازن با سفره آب زیر زمینی کوچک. بنابراین واضح است که روش DWL از لحاظ اقتصادی، عملیاتی و محیط زیست در مقایسه با روش DWS مقرون به صرفه است.

۴-تکنولوژی DWL و DWS در چاههای هوشمند

www.SID.ir

Archive of SID

تکنولوژی چاه نفت هوشمند(Smart Wells) یکی از تکنولوژی های اخیر است که جهت بهبود بخشیدن تولید از میادین نفت و گاز توسعه یافته است مزیت اصلی این روش، در چاههای افقی وچاههای چند شاخه ای در ده سال گذشته در جهان کاربرداشته است. مزیت اصلی تکنولوژی چاه های هوشمند توانایی کنترل جریان از چندین محل تکمیل افقی یا جانبی و همچنین استفاده کردن از تجهیزات درون چاهی است.

صنعت نفت نقش چاههای هوشمند را در بهبود مدیریت مخزن، از آن جایی که در تجربیات منطقه ای دارای موفقیت بوده است را پذیرفته است[۲]. با چاههای هوشمند می توان تولید را توسعه بخشیدوهم چنین افزایش بازیافت کل بهبود بازدهی آب و گاز و کاهش هزینه تأسیسات سطحی و همچنین کاهش با آب تولیدی کاهش هزینه ها از قبیل هزینه عملیاتی، مدیریت چاه در مخزن ونفوذ چاه در سازند تولیدی.

چاههای هوشمند مخصوصاًبرای میدان های مرزی یا حاشیه ای(MarginalFields)، چاههای خارج از میدان(RemoteFields)، چاههای دارای تولید بالا و چاههای میادین دریایی که دارای عمق زیادی هستند مناسب هستند. چاههای هوشمند همچنین برای چاه های افقی چند شاخه ای یا انحرافی مناسب هستند.

اگر چه تعریف های چاه های هوشمند در صنعت مبهم است و جایی که تشکیلات متفاوت، دارای نظریات متفاوت درباره چاه های هوشمند هستند. برخی از تعاریف شرکت نفتی را به طور جزیی به گونه زیر تعریف می کنیم:

تعریف اول:

یک چاهی که مجهز شده با کنترل تجهیزات و کلیه ترکیباتی که جهت تولید بهینه تنظیم شده است[۹].

تعریف دوم:

چاهی که ترکیب یافته است یکسری از اجزاء که گرد هم آمده است جهت انتقال دادن، آنالیز کردن، تولید کردن و داده های مخزن جهت کنترل کردن فرآیند تولید بهینه[۱۲].

تعریف سوم:

یک چاه هوشمند امکان بازبینی و انتخاب کردن روش های کنترل نفت تولیدی،گاز تولیدی،آب تزریقی وگازتزریقی به دور از تغییرات پروفیل جریان[۱]را می دهد. بنابراین کدام یک از تعاریف چاه هوشمند بهتر است؟ پیش از جواب دادن به این سوال اجازه بدهید یک بار دیگر جویا شویم که آیا واقعاً چاه هوشمند وجود دارد ؟ پاسخ این سوال تاکنون روشن نشده است. چاههای هوشمند در اطراف جهان به خاطر مزایای مهم بکار گرفته می شوند، بخاطر آنکه که سیستم چاههای هوشمند را می توان از جایی به جای دیگر جهت طراحی متفاوت بکار گرفت به طور خلاصه همان گونه که بحث شد می توانیم مشاهده کنیم سیستم یک چاه هوشمند دارای کاربردهای متفاوتی در آینده است که شامل موارد زیر است:

۱) چندین تکمیل در چاه تولید یا تزریق است که هر تکمیل را می توان کنترل کرد.
۲) تجهیز کردن یا اندازه گیری کردن یا بازبینی کردن یا کنترل تجهیزات برای جمع آوری داده های ته چاهی ثابت، انتقال دادن و آنالیز کردن.
۳) توانایی در پیدا کردن، تغییرات بحرانی در شرایط ته چاهی و ارتباط برقرار کردن داده ها با مرکز آنالیز که به اپراتور جهت تولید کردن و کنترل کردن تولید هیدورکربن سیستم های عملیاتی در مقایسه با چاههای معمولی دارای مزایای تولید و تزریق بهینه از میدان، بهبود بخشیدن به عملکرد مخزن دست یافتن به بیشترین نرخ تولید و کاهش هزینه ها اجاره می دهد.

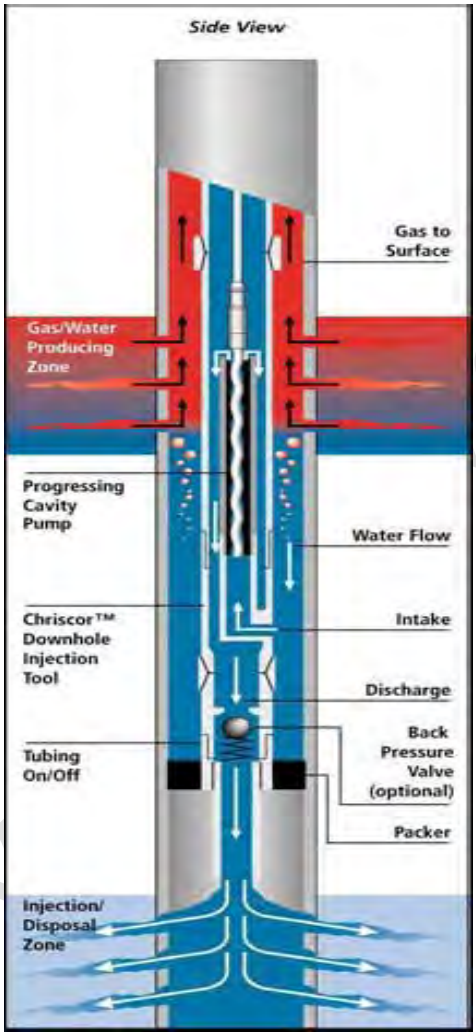
شکل های ۳تا ۷ چاههای هوشمند رایج را که در میدان نفتی استفاده می شوند را نشان می دهند.

چاه هوشمند شماره یک دارای تکمیل دوگانه است که از هر دو تکمیل نفت و آب تولید شده و سپس از همدیگر جدا می شوند. از تکمیل پائینی جهت تزریق سیال آب به نواحی غیر تولیدی استفاده می شود. این تکنولوژی را تحت نام DWS می شناسیم. هم چنین چاه هوشمند شماره ۲ دارای تکمیل دوگانه است، از تکمیل پائینی گاز از یک لایه تکمیل می شود و از تکمیل بالایی جهت تزریق و تولید از لایه دیگر جهت رانش نفت یک چاه نفتی تولیدی دیگر کاربرد دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

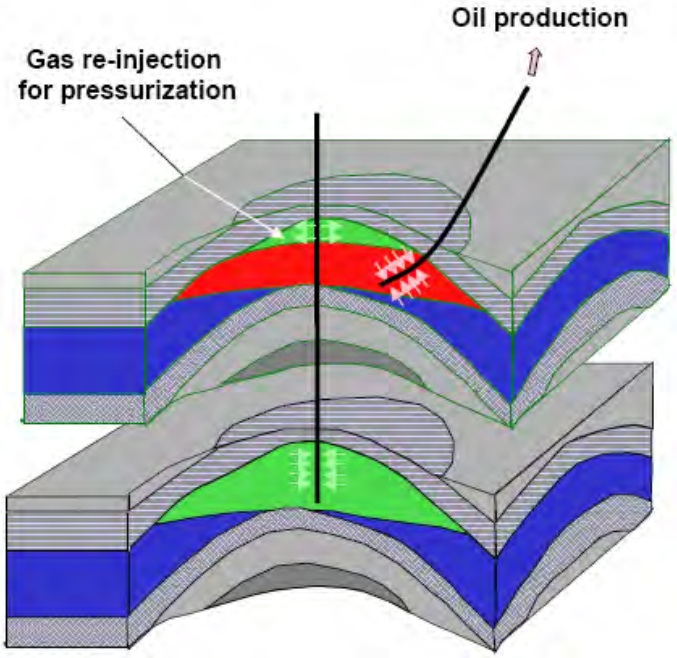
چاه هوشمند شماره ۳ که دارای سه تکمیل جهت آزمایش تولید میان یک منبع (با فشار بالا) ویک فرونشینی (نواحی پائین تر) در دراز مدت بکار می رود. چاه هوشمند شماره ۴ و ۵ جهت شاخه های جانبی چاه جهت دست یافتن اهداف مختلفی جهت رسیدن به بالاترین نرخ تولید نفت به کار می رود. مشابه با چاه هوشمند ۱تا۳ در هردو تکمیل تکنولوژی چاههای DWS و DWL بیشتر از یک تکمیل دارند هر تکمیل کنترل تولید و تزریق را بر عهده دارند و با دستگاههای اندازه گیری، بازبینی و کنترل تجهیزات برای جمع آوری داده های مخزنی، آنالیز انتقال دادن ته چاه استفاده می شود.



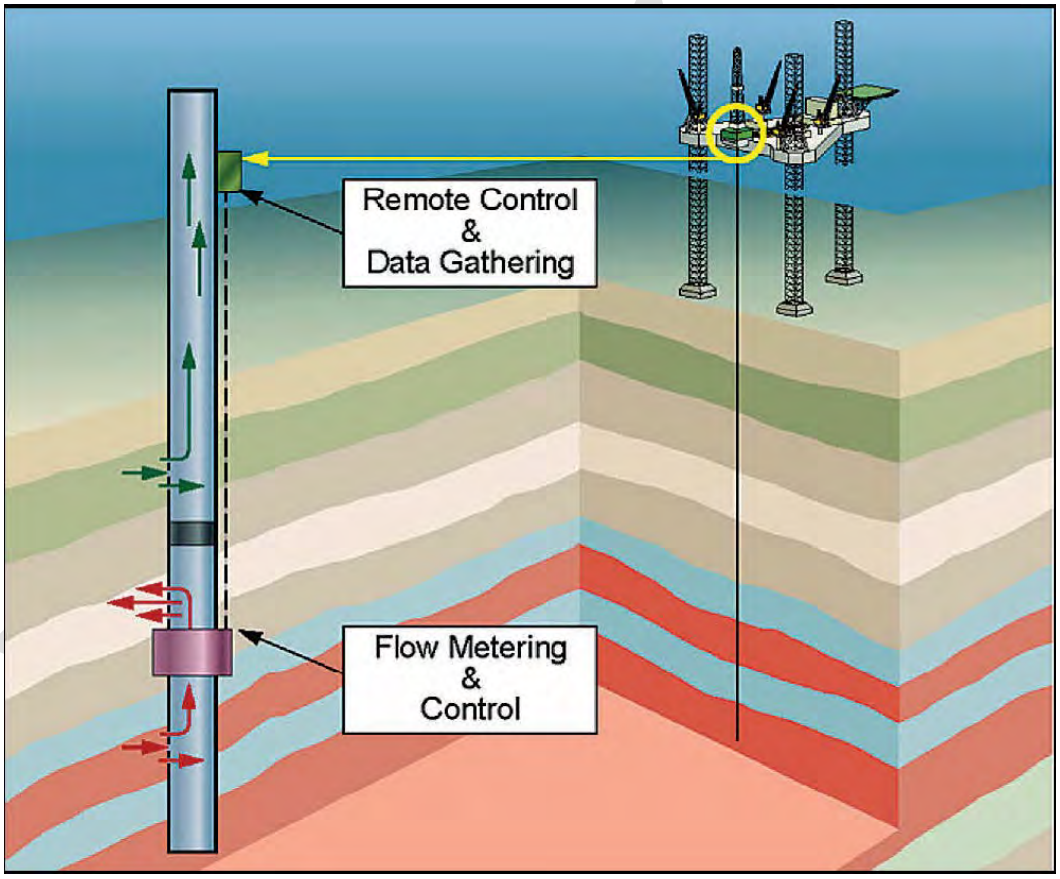
شکل ۳:چاه هوشمند شماره یک

www.SID.ir

Archive of SID



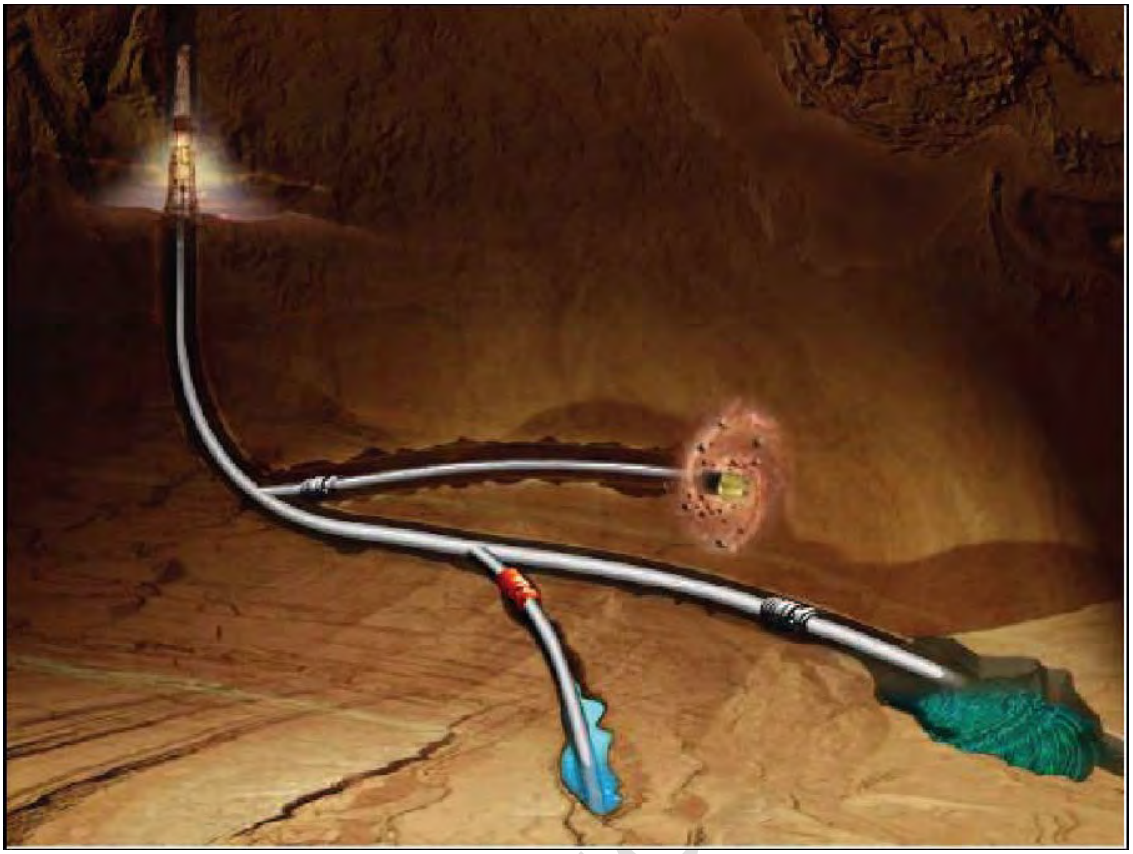
شکل ۴: چاه هوشمند شماره دو[۳]



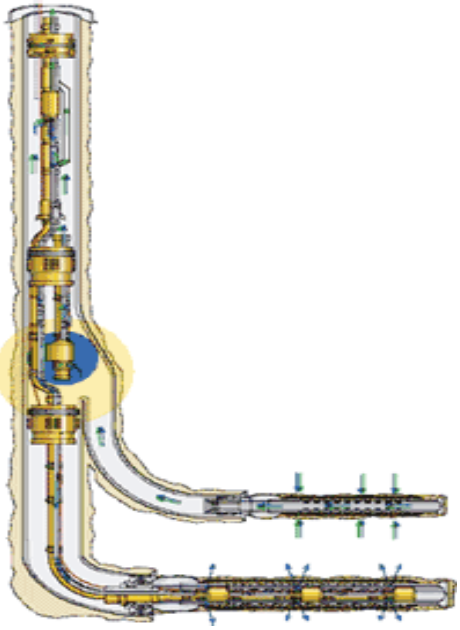
شکل ۵: چاه هوشمند شماره سه[۲]

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶: چاه هوشمند شماره چهار[۲]



شکل۷: چاه هوشمند شماره پنج[۱]

نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

مکانیزم کنترل مخروط شوندگی آب با نصب کردن تکنولوژیDWL و آنالیز تحلیلی آن وساده کردن مدل تحلیلی آن جهت تئوری توزیع پتانسیل جریان ترکیب یافته با فاکتورهای انتقالی و ضرایب پوسته جهت مطرح کردن ناهمگنی مخزن و اثرات نفوذ جزیی چاه مدل آنگاه با مقایسه کردن داده های میدانی و شبیه سازهای عددی تأیید می شود.

این نشان می دهد که نتایج مدل دارای صحت و درستی کافی هستند. عملکرد یا کارآیی چاههای معمولی و چاههای که باتکنولوژیDWL کارشده اند را مقایسه کنیم و نتایج به ما نشان می دهندکه چاههای که درآنها تکنولوژی DWLبکار رفته است دارای دبی بالای تولید نفت و برش آب کمی نسبت به چاههای معمولی هستند. چاههای که با تکنولوژی DWL تکمیل شده اند یک انعطاف پذیری عملیاتی جهت کنترل تولید آب رابرای مهندس مخزن درمخازن با رانش آب تحتانی فراهم می کند.

ضریب بهره دهی بالاتر ازچاههایDWL همچنین نشاندهنده سودمندی درکاهش هزینه نصب این تکنولوژی درچاه درمخازن تحت رانش آب نسبت به چاه معمولی است.

همچنین اگر پارامترهای مؤثر عملیاتی درتکنولوژیDWL مثلاً فضای تزریق و تخلیه – دبی تزریق و تولید برای سیستم چاه درمخزن، همچنین اثرات محدودکردن تخلیه نفت وآب آزاد را برروی عملکرد طراحیDWLرابررسی کنیم.

با استفاده از روش آنالیز نودال، تکنولوژی DWS را اصلاح کرده وجهت آنالیز عملکرد چاهDWLاستفاده می کنیم. بنابراین نتیجه می گیریم:

۱-یک مدل تحلیلی ساده شده جهت تخمین زدن عملکرد چاهDWLدر زیر محدوده تولید.

۲-دبی تولید نفت بحرانی به طورچشمگیری با استفاده کردن ازچاه DWL در مقایسه با چاههای معمولی افزایش می یابد.

۳-مقدارهای پایین فضای تزریق و تخلیه بسرعت دبی تولید بحرانی نفت را افزایش می دهد. ازآنجایی که سیستمDWL حتی در مخازن با سفره آب زیرزمینی با ضخامت کم می توان استفاده کرد.

۴-یک مدل عددی جهت شبیه سازی کردن عملکردDWLتحت محدوده کنترل آب توسعه یافته است (مدل مورد توجه در ارزیابی اثرکنترل برش آب در روشDWL).

۵-برش آب در چاهDWL رامی توان به کمک فضای تخلیه و تزریق یا دبی تزریق آب بطورمؤثرتری کنترل نمود.

۶-دبی نفت در چاهDWL بزرگتراست و شرایط پایدار حاکم است از این رو برش آب رامی توان به کمک دبی تزریق آب تنظیم شده کنترل نمود.

پیشنهادات

۱-به علت تعداد پارامترهای مورد بحث درآنالیزDWL وطراحی تجربی یا آزمایشی وگروههای بدون بعد که جهت ساده کردن و کنترل کردن تولید آب مؤثر است. جزئیات بیشتر مدلهای متفاوت را بررسی می کنیم ازقبیل خصوصیات مخزن و شرایط تولید که باید در بهترین شرایط ازDWLدرمخازن مختلف بدست بیاوریم.

۲-مطالعات کامل برش آب بعد ازمیان شکن شدن آب در چاههایDWLانجام شود. از وقتی که آب تولیدی درمخازن با رانش آب غیر قابل اجتناب است، کنترل برش آب نسبت به دبی تولید نفت بحرانی کاملاً واقعی تر است.

۳-مقایسات بازیابی و اقتصادی از انواع مختلف چاهها مانند چاههای معمولی، چاهDWSو چاهDWLباید با بهترین وضعیت میدان انجام شود.

۴-جزئیات بیشتر مدل های مختلف مورد بحث قرار بگیرند مثل خصوصیات مخزن و شرایط تولید جهت دریافتن بهتر عملیاتDWL در مخازن بارانش آب انجام بگیرد.

۵-استراتژی عملیات بهینهDWLقبل از تولید از مخزن نیاز است.

منابع

سومین همایش ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا

www.SID.ir

Archive of SID

[۱]-Baker Hughes. Intelligent Well Systems™. http://www.bakerhughes.com/bakerhughes/water_management/completion_IWS.htm, July, 2009.
[۲]Conn, T and Themig, D. A Common Sense Approach to Intelligent Completions through Improved Reliability and Lower Costs. PROMORE 002, Nov. 2001
[۳]Glandt, C.A. Reservoir Management Employing Smart Wells: A Review. SPE Drilling & Completion Journal, Vo. 20, No. 4, p. 281-288, Dec. 2005
[۴]Jansen, J.D. Contribution to the “Jaarboek” of the “Mijnbouwkundige Vereeniging”, Feb. 2001.
[۵]Kjos, T. et al. Down-Hole Water-Oil Separation and Water Reinjection through WellBranches, SPE 030518, Proceedings of SPE Annual Meeting held in Dallas, Texas,October 22-25, 1995.
[۶]Myers, D.L. Mini-Injection Tests Provide Inflow Performance Characteristics for Oilwells, SPE 6040, Proceedings of the 51st Annual Fall Technical Conference andExhibition of SPE of AIME, New Orleans, October 3-6, 1976.
[۷]Pang, S. and Sharma, M.M. A Model for Predicting Injectivity Decline in WaterInjection Wells, SPE 28489, Proceedings of the SPE Annual Technical Conferenceand Exhibition, New Orleans, September 25-28, 1997.
[۸]Pirson, S.J. and Mehta, M.M.. A Study of Remedial Measures for Water-Coning ByMeans of a Two-Dimensional Simulator.SPE 1808, Fall Meeting of the Society ofPetroleum Engineers of AIME, New Orleans, LA, Oct. 1-4, 1967.
[۹]Saggaf, M.M. A Vision for Future Upstream Technologies. JPT, Vo. 60, No. 3, Mar.2008.
[۱۰]Schlumberger. Intelligent Well Overview. http://www.slb.com/content/services/completion/intelligent/intelligent_completions.asp, July, 2009.
[۱۱]Singh, K. Designing a Produced Water Re-Injection Program in Bekapai Field, SPE 101938, Proceedings of Asia Pacific Oil and Gas Conference, Melbourne,Australia, October, 2002.
[۱۲]Smith, C.R. and Pirson, S.J. Water Coning Control in Oil Wells by Fluids Injection, SPE 613, SPEJ, Oct. 1, 1963.
[۱۳]WellDynamics. Intelligent Completions. http://www.halliburton.com/ps/Default.aspx?navid=825&pageid=2018/technology/smartwell_definition.htm, July, 2009.

www.Reservoir.ir

www.SID.ir