

شبیه‌سازی کنترل آب تولیدی با استفاده از تکمیل‌های مرسوم و دوگانه در مخازن همگن و ناهمگن

حمیدرضا پرویزی بابادی*، برزو عسگری پیربلوطی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مسجد سلیمان • امین احمدی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر

چکیده

پدیده مخروطی شدن آب و گاز بیانگر ساز و کار ورود آب موجود در زیر لایه آبدیده یا گاز موجود در کلاهک گازی به چاه‌های تولیدی نفت بوده و در میدین نفتی و چاه‌های موجود شایع است. یکی از روش‌های جلوگیری و کاهش این پدیده، روش مخروط شدگی معکوس می‌باشد. در تکنیک مخروط شدگی معکوس از روش تکمیل با سینک آب در ته چاه استفاده شده است. در این روش با استفاده از تکمیل دوگانه، در چاه تولیدی علاوه بر تولید نفت، به‌طور جداگانه آب از زیر سطح تماس تولید شده و سعی می‌شود با کنترل نسبت تولید آب و نفت، سطح تماس به‌صورت پایدار نگهداشته شده و یا حتی مخروط معکوس ایجاد شود. در این مقاله پدیده مخروط شدگی و پدیده مخروط شدگی معکوس مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ما یک مدل ساده فرض می‌کنیم که به‌طور گسترده‌ای برای مسئله تکمیل دوگانه پذیرفته شده است. مدل شبیه‌سازی یک مخزن استوانه‌ای (سیلندری) با شبیه‌ساز مخزن اکلیس ۱۰۰ به کار می‌رود و هدف، مقایسه آب و نفت تولیدی کلی و برش آب در چاه تکمیل شده با تکمیل‌های مرسوم با چاه تکمیل دوگانه است. تجزیه و تحلیل ارائه شده نشان می‌دهد روش تکمیل دوگانه به‌طور موثر قادر به کنترل و حذف پدیده مخروط شدگی و حتی ایجاد مخروط معکوس آب می‌شود.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۰۱/۲۵
تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۰۴/۲۳

واژگان کلیدی:

تکمیل دوگانه، مخروط معکوس، مخروط شدگی، تخلیه آب خالص

مقدمه

با در نظر گرفتن هزینه زنجیره تکمیل دوگانه، در اسکول در سال ۱۹۷۲ یک گونه از تکنیک مشبک دوگانه را ارائه داد. او دو مشبک را پیشنهاد داد، یکی در منطقه نفتی و دیگری در منطقه آبدیده زیر سطح تماس اولیه نفت-آب. سیال از هر دو مشبک در یک زنجیره تولید با امکان استفاده یک دستگاه مجرا بند و چوک قابل تنظیم جریان، جهت کنترل دبی نفت/آب، همراه می‌شوند. عیب و نقطه ضعف این روش، کاهش میزان نفت در نتیجه افزایش اختلاف فشار هیدرو استاتیک مایع مخلوط شده می‌باشد. مشکل تفکیک مایع تولید شده و دورریزی آب آلوده، باعث می‌شود که این تکنولوژی با تکمیل متداول چندان متفاوت نباشد. اگرچه بدین طریق، مسئله گذرگاه نفت در مخزن، حل می‌شود. [۴] فیشر و همکارانش در سال ۱۹۷۰ از یک شبیه‌سازی عددی برای بررسی کاربرد the dual selective production در دریاچه بلشیل، آبنگیر بلر مور در کانادا، استفاده کردند و نتیجه گرفتند که این روش می‌تواند توسعه و پیشرفت مخروط آب را کاهش دهد و حتی آن را به‌طور کامل حذف نماید. [۸] وجتانویکس، آگرو و باسیون در سال ۱۹۹۱ و وجتانویکس و شیرمان در سال‌های ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ مطالعات فرضی را بر روی هیدرو دینامیک کنترل مخروط شدگی آب انجام دادند (با استفاده از یک چاه تولید با سینک آب tailpipe). در این مدل از توزیع پتانسیل جریان حاصل با

تاکنون نمونه‌های تکمیلی DWS در چندین مخزن مختلف در سراسر جهان با نتایج خوبی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. بخش اعظم کار تئوری سینک آبی ته‌چاهی در دانشگاه دولتی لوئیزیانا صورت گرفته است [۱]. پیرسون و مهتا در سال ۱۹۶۷ نتایج مطالعات انجام شده را با استفاده از شبیه‌سازهای عددی ارائه دادند. مطالعات آنها چندین راه‌حل برای مسئله مخروط شدگی آب در چاه‌های عمودی را بررسی کردند. یکی از راه‌حل‌ها، تزریق مجدد نفت تولید شده به مخزن در زیر مشبک‌های منطقه نفتی جهت بازدارندگی پیشرفت مخروط می‌باشد. این تکنیک به مدل قرین نفت معروف است که از لحاظ اقتصادی، مقرون به صرفه نمی‌باشد. گزینه دیگری که توسط پیرسون و مهتا بررسی شد، تولید منتخب نفت و آب از مناطق خاص، با استفاده از تکمیل‌های دوگانه می‌باشد. آنها نتیجه گرفتند که اگر چه این روش باعث کاهش رشد مخروط می‌شود، اما همواره نسبت کلی نفت-آب تولید شده یکسانی را ارائه می‌دهد. [۲] ویدمیر در سال ۱۹۵۵ یک تکنیک کنترل مخروط شدگی آب را ثبت کرد که طبق آن، زنجیره‌ای از تکمیل دوگانه، برای تولید مجزای مناطق نفت و آب و نیز مقابله با توسعه و پیشرفت مخروط را ارائه داد. او مشبک‌سازی بالا و پایین منطقه نفت و تولید هر مشبک را با یک زنجیره تولید بیان نمود. [۳]

واقع در Lasalle parish در لوئیزیانا اجرا شد. نتیجه کاربرد میدانی نشان داد که تکنولوژی فقط مانع مخروط‌شدگی آب نشد، بلکه در واقع می‌توانست پس از نفوذ، مخروط آب را معکوس کند، عملکرد چاه نشان‌دهنده بهبود و پیشرفت چشمگیر در میزان تولید نفت و برداشت کلی نسبت به چاه‌های متداول بود [۶].

شیرمان ووجتانوویکس در سال ۱۹۹۸ گزارش کردند که نفت بیشتر توانست با آب کمتر در تکمیل فوقانی تولید شود، درحالی که در تکمیل تحتانی آب بدون نفت تولید شد. یک محدودیت در این مطالعات آن

دو دبی نهایی ثابت سینک‌ها (two constant-terminal-rate sinks) که بین سطح تماس آب-نفت و مرز فوقانی ناحیه نفت واقع است، استفاده کردند. فشار ثابت شعاع بیرونی، نشان‌دهنده فرایند حالت پایدار می‌باشد [۵].

مطالعات نشان می‌دهند که برداشت نفت می‌تواند به کمک تولید موثر و کارآمد آب از تکمیل تحتانی ارتقا یابد و بهتر شود. همچنین نشان می‌دهد که تکمیل تحتانی می‌تواند باعث تولید آب فاقد نفت شود. اولین کاربرد میدانی تکنولوژی در سال ۱۹۹۴ در میدان Nebo-Hemphil

۱ | مشخصات مخزن

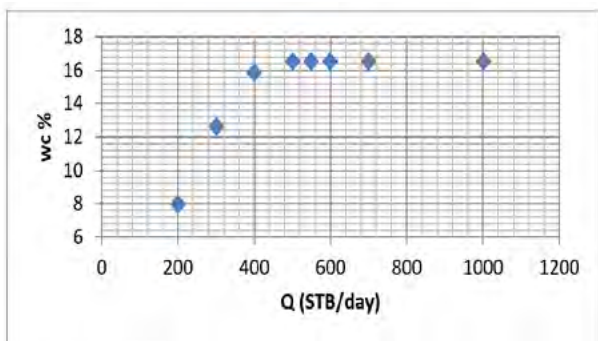
چگالی آب (lbm/cuft)	۶۲/۴۲۸	شعاع چاه	۰/۳ (ft)	تراوایی افقی (md)	۱۰	WOC در عمق مبنا (ft)	۱۲۴۰
چگالی نفت (lbm/cuft)	۵۳/۷۲	طول بازه تولیدی (ضخامت مشبک)	۱۰۰ (ft)	اثر پوسته	۰	تراکم‌پذیری سنگ	۶-E ۱/۲
ویسکوزیته آب	۰/۹ Cp	شعاع مخزن	۲۰۰۰۰ (ft)	ضخامت لایه آبران (ft)	۶۰	تعداد شبکه‌ها در جهت R	۶۰
ویسکوزیته نفت	۱/۹ Cp	تخلخل	۰/۱۵	تخلخل لایه آبران	۰/۱۵	تعداد شبکه‌ها در جهت Θ	۱
ضخامت ناحیه نفت	۱۴۰ ft	تراوایی عمودی	۱ md	تراوایی لایه آبران (dm)	۱۰	تعداد شبکه‌ها در جهت Z	۲۰

Sw	krw	kro
۰/۱۵۰	۰/۰۰۰	۱
۰/۲۵۰	۰/۰۱۳	۰/۷۰۰
۰/۲۸۴	۰/۰۲۷	۰/۵۵۱
۰/۳۱۹	۰/۰۴۱	۰/۴۲۴
۰/۳۵۴	۰/۰۵۵	۰/۳۱۹
۰/۳۸۸	۰/۰۷۱	۰/۲۳۲
۰/۴۲۳	۰/۰۸۹	۰/۱۶۳
۰/۴۵۸	۰/۱۱۰	۰/۱۰۹
۰/۴۹۲	۰/۱۳۶	۰/۰۶۹
۰/۵۲۷	۰/۱۶۷	۰/۰۴۰
۰/۵۶۱	۰/۲۰۷	۰/۰۲۰
۰/۵۹۶	۰/۲۵۶	۰/۰۰۹
۰/۶۳۱	۰/۳۱۸	۰/۰۰۳
۰/۶۶۵	۰/۳۹۵	۰/۰۰۱
۰/۷۰۰	۰/۴۹	۰/۰۰۰
۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰

با استفاده از نرم‌افزار اکلیس ۱۰۰ یک مدل استوانه‌ای با مشخصات سنگ و سیال در جدول ۱ شبیه‌سازی شده است. برای رسیدن به پدیده مخروط‌شدگی در یک مخزن استوانه‌ای، یک تکمیل را فقط در ناحیه نفتی قرار داده (تکمیل مرسوم) و به منظور شبیه‌سازی تکمیل‌های دوگانه به منظور کاهش برش آب، یک تکمیل‌کننده زیر سطح آب-نفت برای تخلیه آب و تکمیل‌کننده دیگر در ناحیه نفتی برای تخلیه نفت طراحی می‌شوند. به منظور شبیه‌سازی سیستم DWS دو چاه ساختگی در همان موقعیت مکانی R قرار گرفته و در موقعیت‌های مکانی مختلف Z، تکمیل شدند.

۲- تأثیر تغییر پارامتر دبی بر روی تکمیل‌های مرسوم

در چاه تولیدی تکمیل مرسوم، نفت تولیدی کل از چاه (WOPT) و کل آب تولیدی از چاه (WWPT) و برش آب در دبی‌های مختلف (۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۵۵۰، ۶۰۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰) در ۲۰۰۰ روز به صورت جدول ۲- و شکل ۲- می‌باشد. با افزایش دبی، تولید کلی آب و نفت و برش آب افزایش می‌یابد. شرایط عملیاتی چاه به صورتی است که در دبی بیشتر از ۶۰۰ stb/d با توجه به رسیدن چاه به محدودیت‌های تولید، میزان کل آب و نفت تولیدی و برش آب ثابت باقی مانده است. یکی از نکات مهم و اساسی، پیش‌بینی مقدار حداکثر دبی تولیدی است که در آن بتوان بدون تولید آب یا گاز اضافی نفت تولید نمود. شرایط اعمال شده محدودیت‌های را



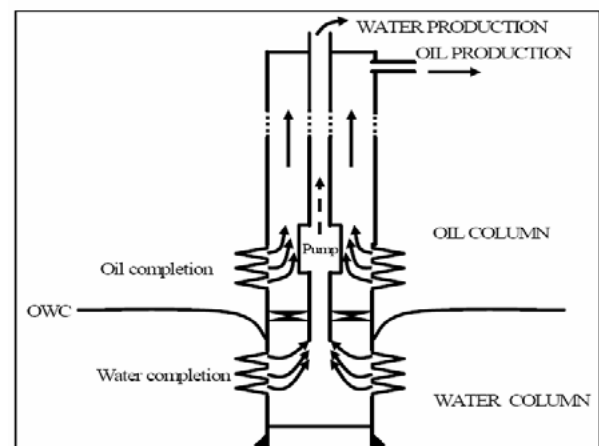
۲ | تأثیر دبی بر روی برش آب در تکمیل مرسوم

است که فاقد توانایی تجزیه تحلیل جهت نشان دادن منطقه انتقال نفت / آب (انتقال مویینه) و تأثیرات مرتبط تغییرات اشباع آب بر آلودگی نفت در آب تولید شده، هستند. بنابراین نتوانستند به طور موثر عملکرد چاه‌های نفت قدیمی را با سابقه مخروط‌شدگی شدید آب مدل‌سازی کنند. [۷]. کل مدارک و شواهد فرضی کارایی تکنیک DWS را تأیید می‌کند و اما نقاط ضعف آن عبارتند از:

- مقادیر زیاد آب تولید شده در سطح
- کاهش فشار مخازن با محرک و نیروی رانش ضعیف آب
- هزینه‌های اضافی کنترل و نقل و انتقال آب [۱]

۱- روش و مراحل تحقیق

در این مقاله پدیده مخروط‌شدگی و پدیده مخروط‌شدگی معکوس مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ما یک مدل ساده فرض می‌کنیم که به طور گسترده‌ای برای مسئله تکمیل دوگانه پذیرفته شده است. مدل شبیه‌سازی، یک مخزن استوانه‌ای (سیلندری) با شبیه‌ساز مخزن اکلیس ۱۰۰ است و هدف، مقایسه آب و نفت تولیدی و برش آب در مخزن با و بدون استفاده از تکمیل دوگانه می‌باشد تا میزان اثربخشی و پارامترهای عملیاتی مختلف بر عملکرد این روش در شرایط مختلف خواص سنگ و سیال و دبی چاه مورد بررسی دقیق قرار گیرد.



۱ | شماتیک تکمیل دوگانه با استفاده از DWS [۳]

۲ | تأثیر دبی بر برش آب و نفت و آب تولیدی کلی

Q (STB/D)	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۵۵۰	۶۰۰	۷۰۰	۱۰۰۰
WWPT (STB)	۱۳۷۰۱	۳۷۲۸۱	۶۲۱۴۸	۶۸۲۴۶	۶۸۵۰۴	۶۸۵۱۱	۶۸۵۱۱	۶۸۵۱۱
WOPT (STB)	۴۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۷۴۷۸۲۹	۷۷۹۴۰۳	۷۸۰۷۰۳	۷۸۰۷۳۶	۷۸۰۷۳۶	۷۸۰۷۳۶
% WC	۷/۹۵	۱۲/۶۵	۱۵/۸۹	۱۶/۵۵	۱۶/۵۶	۱۶/۵۷	۱۶/۵۷	۱۶/۵۷

(%OC) که نامطلوب بوده و در طراحی عملیات چاه باید به گونه‌ای عمل شود که تولید نفت از آن صورت نگیرد.

از جدول ۳- مشاهده می‌شود هنگامی که دبی فوقانی ۶۰۰ stb/d و دبی تحتانی ۲۵۰ stb/d باشد باعث ورود نفت به تکمیل‌های تحتانی نمی‌شود به این معنی تخلیه آب خالص را داریم و در دبی تکمیل‌های تحتانی بیشتر از ۲۵۰ stb/d ورود نفت به تکمیل‌های تحتانی مشاهده می‌شود. دبی‌های بالاتر از ۶۰۰ stb/d در تکمیل تحتانی تأثیری بر روی تولید نفت نخواهد گذاشت. پس برای رسیدن به بیشینه حالت مخروط معکوس دبی تحتانی ۶۰۰ stb/d اعمال می‌شود تا بیشترین تولید نفت از این حالت (حالت مخروط معکوس) مشاهده گردد.

سناریوی حالت مخروط معکوس مربوط به دبی تحتانی ۶۰۰ stb/d

نشان می‌دهد که در دبی بالاتر از ۶۰۰ stb/day میزان تولید نفت و برش آب ثابت می‌شود.

۳- تأثیر تغییر پارامتر دبی در تکمیل دوگانه (مخروط معکوس و تخلیه آب خالص)

به علت محدودیت‌های کنترلی بروی چاه که در قسمت بالا نتیجه گرفته شد، برای حالت مرسوم بر روی دبی ۶۰۰ stb/d تغییری بر برش آب نمی‌گذارد. در تکمیل‌های دوگانه چون یک تکمیل در ناحیه نفتی و یک تکمیل در ناحیه آبی وجود دارد، دبی تکمیل فوقانی را ۶۰۰ فرض کرده و دبی‌های تحتانی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. ستون آخر نشان‌دهنده برش نفت تولیدی از تکمیل تحتانی در ناحیه آبی است

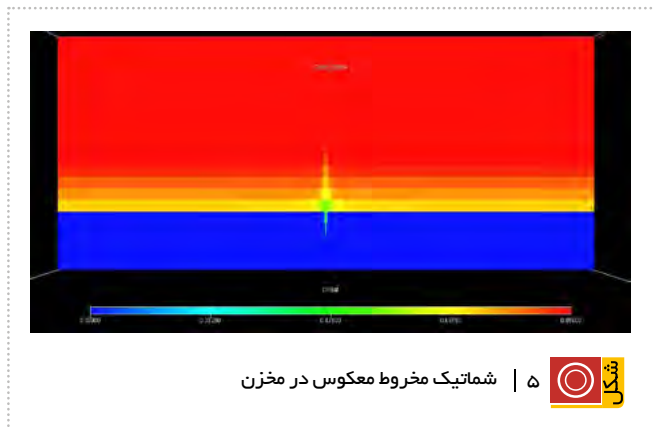
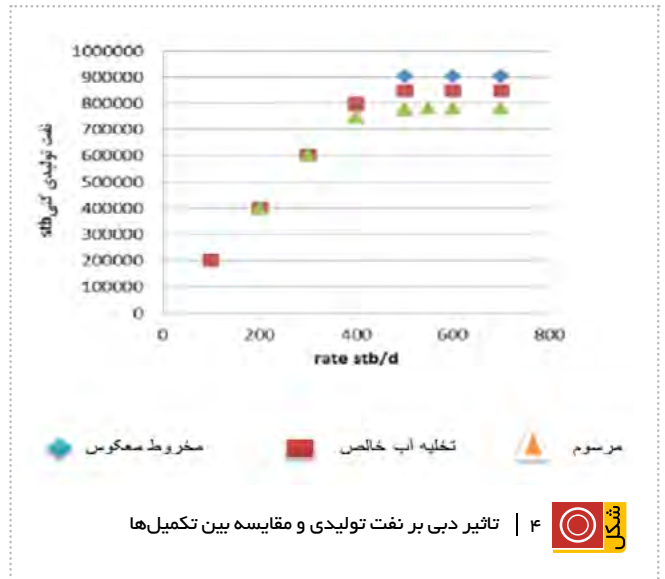
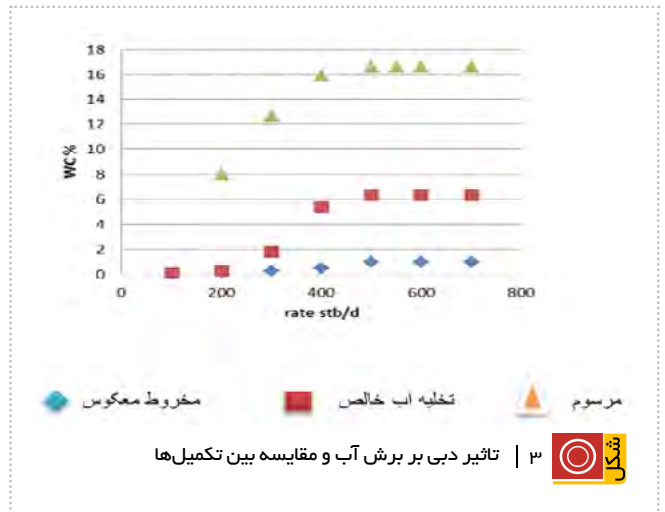
۳ | تأثیر دبی تحتانی در تکمیل‌های دوگانه

دبی در ناحیه آبی STB/D	نفت تولیدی کلی Stb	تولید کل آب Stb	WOR	% WC	نفت تولیدی از تکمیل تحتانی	% OC
۰	۷۸۰۶۸۸/۵	۶۸۵۳۸/۸۱	۰/۰۸۷۷	۱۶/۵۸	۰	۰
۱۵۰	۸۲۱۲۲۷/۴	۴۰۶۵۸/۶۱	۰/۰۴۹	۹/۹۹	۰	۰
۲۵۰	۸۴۹۳۲۱/۵	۲۵۲۰۲/۹۴	۰/۰۲۹۶	۶/۳۰	۰	۰
۳۰۰	۸۶۲۷۹۷/۳	۱۸۹۰۳/۱۳	۰/۰۲۱۹	۴/۷۸	۱۵/۵۴	۰/۰۵۴۱۸
۵۰۰	۹۰۱۵۰۸/۱	۳۸۰۵/۳۸	۰/۰۰۴۲۲	۰/۹۶	۱۵۷۱/۶۲	۰/۱۵۶۶۵۹
۵۵۰	۹۰۲۲۵۹/۳	۳۶۳۰/۰۵	۰/۰۰۴۰	۰/۹۶	۱۸۸۴/۸۶	۰/۱۶۵۲۳
۶۰۰	۹۰۲۲۱۰/۸	۳۶۲۴/۳۹	۰/۰۰۴۰۱	۰/۹۶	۱۹۹۲/۵۱	۰/۱۶۶۸۸۷
۸۰۰	۹۰۲۱۲۴/۸	۳۶۳۶/۷۴	۰/۰۰۴۰۳	۰/۹۷	۲۰۳۰/۱۱	۰/۱۶۷۲۳۹

۴ | تأثیر دبی فوقانی بر حالت مخروط معکوس

دبی Stb/d	نفت تولیدی کلی Stb	تولید کل آب Stb	WOR	% WC	نفت تولیدی از تکمیل تحتانی Stb	% OC
۱۰۰	۲۰۰۰۰۰	۶۶/۹۴	۰/۰۰۰۳۳۵	۰/۰۴	۴۳۶۴۱/۴۲	۹/۹۵
۲۰۰	۴۰۰۰۰۰	۳۴۴/۲۸	۰/۰۰۰۸۶۱	۰/۱۲	۲۵۹۸۱/۳۳	۴/۶۹
۳۰۰	۶۰۰۰۰۰	۸۹۹/۶۲	۰/۰۰۱۴۹۹	۰/۲۳	۱۲۷۷۰/۶۵	۲/۱۷
۴۰۰	۸۰۰۰۰۰	۱۹۹۵/۲۶	۰/۰۰۲۴۹۴	۰/۴۸	۴۳۶۹/۹۵	۰/۴۳
۵۰۰	۹۰۱۸۶۹/۲	۳۶۲۲/۸۰	۰/۰۰۴۰۱۷	۰/۹۷	۱۹۹۷/۳۵	۰/۱۶
۶۰۰	۹۰۲۲۴۳	۳۶۲۴/۸۱	۰/۰۰۴۰۱۸	۰/۹۷	۱۹۹۰/۶۵	۰/۱۷
۷۰۰	۹۰۲۲۱۱/۳	۳۶۲۴/۸۱	۰/۰۰۴۰۱۸	۰/۹۷	۱۹۹۲/۲۲	۰/۱۷

می باشد که همراه با تولید برش نفت از تکمیل تحتانی است. در مقابل، سناریوی تخلیه آب خالص مربوط به دبی تحتانی ۲۵۰ stb/d است که در آن، برش نفت تولیدی از تکمیل تحتانی ناچیز است. تأثیر تغییر دبی تولید نفت از تکمیل فوقانی در این دو سناریوها در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. در جدول ۶- مقایسه تکمیل دوگانه حالت مخروط معکوس و حالت تخلیه آب خالص با تکمیل های مرسوم در روز ۲۰۰۰ صورت گرفته است. تکمیل های دوگانه در این بازه زمانی بیشترین تولید نفت و کمترین برش آب را نسبت به تکمیل های مرسوم نشان می دهد و در حالت مخروطی معکوس، نسبت به تخلیه آب خالص نیز بیشترین تولید نفت را نشان می دهد. با توجه به شکل های ۳- و ۴ می توان تاثیر به سزای تکمیل دوگانه در تولید از چاه را مشاهده کرد. علت این امر تولید آب از تکمیل های تحتانی است چون افت فشار در منطقه ی آب نیز آب را از بالا رفتن دور می دارد. در نتیجه نفت تولید شده در تکمیل های دوگانه بدون آب یا مقدار کمی آب است.



جدول ۵ | تاثیر دبی فوقانی بر تخلیه آب خالص

دبی Stb/d	نفت تولیدی کلی Stb	تولید کل آب Stb	WOR	% WC	نفت تولیدی از تکمیل تحتانی Stb	% OC
۱۰۰	۱۲۳/۷۶	۲۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۶۱۹	۰/۰۹	۹۳۱۶/۶۴	۴/۲۳
۲۰۰	۵۹۰/۵۱	۴۰۰۰۰۰	۰/۰۰۱۴۷۶	۰/۲۴	۱۶۵۸/۵۹	۰/۶۵
۳۰۰	۳۸۱۰/۷۷	۶۰۰۰۰۰	۰/۰۰۶۳۵۱	۱/۷۵	۹۳/۴۰	۰/۰۳
۴۰۰	۱۸۰۵۰/۳۳	۷۹۶۲۱۱/۴	۰/۰۲۲۶۷	۵/۴۲	۶/۴۶	۰/۰۰۲
۵۰۰	۲۵۱۵۱/۹۳	۸۴۸۶۳۶/۱	۰/۰۲۹۶۳۸	۶/۳۰	۰	۰
۶۰۰	۲۵۲۰۳/۱۸	۸۴۹۳۲۰/۸	۰/۰۲۹۶۷۵	۶/۳۰	۰	۰
۷۰۰	۲۵۲۰۳/۰۶	۸۴۹۳۲۱/۱	۰/۰۲۹۶۷۴	۶/۳۰	۰	۰
۸۰۰	۲۵۲۰۳/۲۲	۸۴۹۳۲۰/۸	۰/۰۲۹۶۷۵	۶/۳۰	۰	۰

۴-مقایسه تکمیل‌های مرسوم و دوگانه در مخازن ناهمگن

به نفوذپذیری نسبی و فشار مویبندی در مخازن طراحی شده، می‌باشد. با تغییر پارامتر تراوایی چندین، مخزن ناهمگن شبیه‌سازی شد. سپس، این مخازن ناهمگن با تکمیل‌های مرسوم و تکمیل‌های دوگانه شبیه‌سازی و با یکدیگر مقایسه گردید (شکل-۶).

یک روش برای ارزیابی دقیق یک سیستم بیان کمی درجه ناهمگنی آن سیستم است. درجه ناهمگنی خاصیتی عددی است که بتوان میزان غیریکنواختی و متغیر بودن آن خاصیت در سرتاسر مخزن را مشخص نمود. مقدار درجه ناهمگنی در این مقاله با استفاده از روش Dykstra-parsons محاسبه شده است (جدول-۸). مخزن ناهمگن ۱ با ضریب ناهمگنی ۰/۴۹ و مخزن ناهمگن ۲ با ضریب ناهمگنی ۰/۵۷ جهت مقایسه با حالت همگن می‌باشد. همچنین مخزن ۳ با ناهمگنی ۴۲/۰ و مخزن ۴ با ضریب ناهمگنی ۰/۳۲ جهت مقایسه بین تکمیل‌های مرسوم و تکمیل دوگانه بکار می‌رود.

۵- تخلیه آب خالص

هنگامی که یک مخزن همگن از تکمیل‌های تحتانی هیچگونه نفتی تولید نکند، فقط تخلیه آب خالص مشاهده می‌شود؛ به این معنی که نفت تولیدی کلی از تکمیل تحتانی، صفر می‌باشد. اما با افزایش ناهمگنی، تولید نفت از تکمیل تحتانی مشاهده می‌گردد و اینگونه به نظر می‌رسد که ناهمگنی تأثیر زیادی در نفت تولیدی کلی از تکمیل تحتانی دارد و باعث افزایش این فاکتور می‌شود. در مخزن ناهمگن ۲ (که دارای مقدار درجه ناهمگنی ۰/۵۷ می‌باشد) نسبت به مخزن همگن و ناهمگن ۱ افزایش تولید نفت مشاهده می‌شود که منجر به کاهش به‌سزای نسبت آب به نفت هم خواهد شد.

۶- مخروط معکوس

در تکمیل‌های دوگانه چون یک تکمیل در ناحیه نفتی و یک تکمیل در ناحیه آبی وجود دارد، دبی تکمیل فوقانی را ۶۰۰ هزار بشکه در روز فرض کردیم. سپس مشاهده می‌شود که استفاده از تکنیک مخروط معکوس در مخازن ناهمگن بر روی تولید نفت کلی تأثیر مثبت

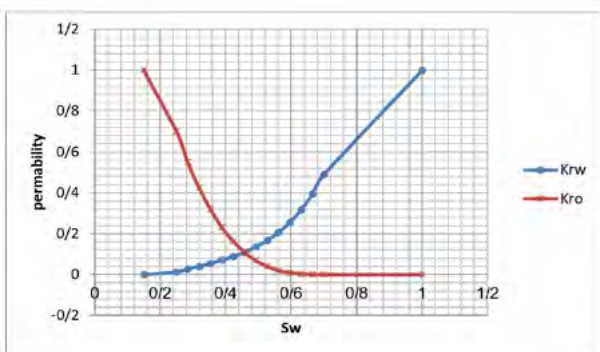
مخزن ناهمگن مخزنی است که در نقاط مختلف برای یک ویژگی مقادیر متفاوتی داشته باشد. مثلاً در لایه‌های مختلف تراوایی یا تخلخل متفاوت باشد. جدول-۷ داده‌های مربوط

۶ | مقایسه تکمیل‌های مرسوم با تخلیه آب خالص و مخروط معکوس در روز ۲۰۰۰

مخروط معکوس	تخلیه آب خالص	مرسوم	
۹۰۲۱۲۴/۴	۸۴۹۳۲۱/۵	۷۸۰۷۳۶/۳	نفت تولیدی (STB)
۳۶۳۷/۶۲۷	۲۵۲۰۲/۹۴	۶۸۵۱۱/۳۲	آب تولیدی (STB)
۰/۰۰۴۰۳۲	۰/۰۲۹۶۷۴	۰/۰۸۷۷۵۲	WOR
۰/۰۰۹۷۳۴	۶/۲۹۸۲	۱۶/۵۷۸۴	% WC

۷ | داده‌های مربوط به نفوذپذیری نسبی و فشار مویبندی

Sw	Krw	Kro	Pcow
۰/۱۵	۰	۱	۵/۰۴۲۵
۰/۲۵	۰/۰۱۳	۰/۷	۲/۳۲۳۶
۰/۲۸۴	۰/۰۲۷	۰/۵۵۱	۱/۰۷۰۷
۰/۳۱۹	۰/۰۴۱	۰/۴۲۴	۰/۴۹۳۹
۰/۳۵۴	۰/۰۵۵	۰/۳۱۹	۰/۲۲۷۴
۰/۳۸۸	۰/۰۷۱	۰/۲۳۲	۰/۱۰۴۸
۰/۴۲۳	۰/۰۸۹	۰/۱۶۳	۰/۰۴۸۳
۰/۴۵۸	۰/۱۱	۰/۱۰۹	۰/۰۲۲۳
۰/۴۹۲	۰/۱۳۶	۰/۰۶۹	۰/۰۱۰۳
۰/۵۲۷	۰/۱۶۷	۰/۰۴	۰/۰۰۴۷
۰/۵۶۱	۰/۲۰۷	۰/۰۲	۰/۰۰۲۲
۰/۵۹۶	۰/۲۵۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
۰/۶۳۱	۰/۳۱۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶
۰/۶۶۵	۰/۳۹۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲
۰/۷	۰/۴۹	۰	۰/۰۰۰۱
۱	۱	۰	۰



۶ | نمودار تراوایی نسبی بر حسب اشباع آب

می‌گذارند و موجب افزایش تولید نفت می‌شود زیرا میزان تولید آب کلی را از تکمیل فوقانی کاهش می‌دهد و بنابراین، به همان میزان، نسبت آب به نفت در مخزن کاهش می‌یابد (جدول-۱۰).

در جداول ۱۱- و ۱۲ بین مخزن ناهمگن تکمیل مرسوم و مخزن ناهمگن با تکمیل دوگانه مقایسه صورت گرفته است که هر دو مخزن دارای مشخصات مشابه مخزن ناهمگن ۳ هستند. در اینجا با توجه به تکنولوژی تکمیل دوگانه با سینک ته‌چاهی آبی نسبت به تکمیل‌های مرسوم، تولید نفت بیشتر و برش آب و نسبت آب به نفت کمتری را مشاهده می‌کنیم.

نتیجه‌گیری

در این مقاله دو مخزن همگن و ناهمگن استوانه‌ای با نرم‌افزار اکلپس شبیه‌سازی گردید. سپس، تأثیر دبی بر برش آب، نسبت آب به نفت، تولید نفت کلی از تکمیل‌های فوقانی و تحتانی و تولید آب کلی از تکمیل‌های فوقانی در دو چاه (که یکی به صورت مرسوم و دیگری به صورت دوگانه تکمیل گردیده بود)، مورد مقایسه قرار گرفت. برای اساس نتایج زیر به دست آمد:

۱- روش تکمیل دوگانه به‌طور موثر قادر به کنترل و حذف پدیده مخروط‌شدگی و حتی ایجاد مخروط معکوس آب می‌شود. در این روش با کنترل دبی‌های تولید آب و نفت به ترتیب از نواحی تکمیل شده در پایین و بالای سطح تماس آب-نفت، می‌توان برش آب تولیدی از ناحیه تکمیل نفتی را کنترل و یا حذف نمود. در صورت افزایش بیشتر دبی تولید آب از ناحیه تکمیل تحتانی، امکان ایجاد مخروط معکوس وجود

۸ | انواع مخزن

نام مخزن	مخزن ناهمگن ۱	مخزن ناهمگن ۲	مخزن ناهمگن ۳	مخزن ناهمگن ۴
D.P.co	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۴۲	۰/۳۲
گرید بلوک	تراوی در راستای R	تراوی در راستای R	تراوی در راستای R	تراوی در راستای R
۱_۲	۶	۱۶	۶	۳۰
۳_۴	۱۴	۴	۴	۴۰
۵_۶	۱۰	۲۰	۵	۵۵
۷_۸	۱۷	۷	۷	۶۰
۹_۱۰	۳	۳	۳	۵۵
۱۱_۱۲	۶	۱۶	۶	۳۰
۱۳_۱۴	۱۴	۱۳	۲	۳۰
۱۵_۱۶	۱۰	۷	۷	۴۰
۱۷_۱۸	۹	۱۶	۹	۵۴
۱۹_۲۰	۱۱	۴	۴	۵۵

۹ | مخزن همگن و ناهمگن در تخلیه آب خالص

نام مخزن	OPT (STB)	WPT (STB)	WOR	% WC	OPT.bottom completion (STB)
همگن	۸۴۹۳۲۰/۶	۲۵۲۰۳/۲۳	۰/۰۲۹۶۷۵	۶/۳۰٪	۰
ناهمگن ۱	۹۰۱۹۴۶/۷	۸۷۴۳/۱۵۶	۰/۰۰۹۶۹۴	۲/۷۳٪	۳۸/۹۳۳۶۵
ناهمگن ۲	۹۲۹۸۷۵/۹	۳۷۴۱/۵۲۱	۰/۰۰۴۰۲۴	۱/۲۸٪	۲۱۹/۸۱۶۹

۱۰ | مخزن همگن و ناهمگن در مخروط معکوس

نام مخزن	OPT (STB)	WPT (STB)	WOR	% WC	OPT.bottom completion	OIL cut %
همگن	۹۰۲۱۴۲/۹	۳۶۳۵/۶۳۷	۰/۰۰۴۰۳	۰/۹۷۲۵	۲۰۲۵/۸۳۱	۰/۱۶۷۰۶۶
ناهمگن ۱	۹۰۸۳۳۵/۱	۱۱۱۸/۴۴۹	۰/۰۰۱۲۳۱	۰/۳۴۱۷	۴۷۳۴/۲۲۲	۰/۳۷۶۹۷۶
ناهمگن ۲	۹۲۶۱۳۸/۳	۸۵۷/۷۰۷۹	۰/۰۰۰۹۲۶	۰/۱۶۸۱	۹۲۸۰/۴۵۹	۱/۱۹۱۵۶۲

۱۱ | مقایسه مخزن همگن و ناهمگن (تراوایی پایین)

مخزن ناهمگن ۳	مخزن ناهمگن با تکمیل مرسوم	مخزن ناهمگن با تکمیل دوگانه
نفت تولیدی (STB)	۴۷۲۶۶۵/۹	۴۷۵۷۴۷/۸
آب تولیدی (STB)	۱۱۲۶۱/۴۶	۵۱۰/۰۲۰۵
نسبت آب به نفت	۰/۰۲۳	۰/۰۰۱
برش آب %	۶/۳۵	۰/۱۷

۱۲ | مقایسه مخزن همگن و ناهمگن (تراوایی بالا)

مخزن ناهمگن ۴	مخزن ناهمگن با تکمیل مرسوم	مخزن ناهمگن با تکمیل دوگانه
نفت تولیدی (STB)	۲۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰
آب تولیدی (STB)	۵۶۷۱۱۵/۳	۱۹۰۸۶۱/۲
نسبت آب به نفت	۰/۲۸	۰/۰۹
برش آب %	۳۷/۳۰	۱۷/۸۵

دارد. اما تولید بیش از حد آب از این ناحیه منجر به افزایش تدریجی برش نفت در آن شده و لازم است جهت جلوگیری از این پدیده و حداقل نمودن آن، دقت لازم در طراحی پارامترهای عملیاتی صورت پذیرد تا کمترین برش آب و بیشترین تولید نفت در مخزن حاصل شود.

۲- استفاده از تکمیل دوگانه در بیشتر موارد باعث انحراف و تغییر شکل پروفایل مخروط می شود. قسمت بالای سطح مشترک آب-نفت از چاه دور می گردد. ناهمگنی در مخزن باعث افزایش تغییر شکل مخروطی شده و تأثیر زیادی در نفت تولیدی کلی از تکمیل تحتانی دارد و باعث افزایش تولید نفت از تکمیل تحتانی می شود. در مقایسه بین تکمیل های دوگانه و تکمیل های مرسوم، کاهش نسبت آب به نفت مشاهده می گردد که خود گواه این است که استفاده از تکمیل های دوگانه به طور موثر قادر به کنترل و حذف پدیده مخروط شدگی و حتی ایجاد مخروط معکوس آب می شود.

۳- مخازن ناهمگن که در آن از سینک ته چاهی آب استفاده شد، توانستند میزان تولید نفت در مقایسه با چاه های متداول را بالا ببرند و از پیشرفت مخروط جلوگیری کنند. استفاده از تکنیک مخروط معکوس و تخلیه آب خالص در مخازن ناهمگن بر روی تولید نفت کلی تأثیر مثبت دارد و موجب افزایش تولید نفت می شود. همچنین مشاهده گردید که میزان تولید آب کلی از تکمیل فوقانی و نسبت آب به نفت در مخزن کاهش پیدا کرد.

منابع

- [1] Jin, L., Wojtanowicz, A.K. performance analysis for well with Downhole water Loop (DWL) Installation for water coning control. CIPC 2008-173, Canadian International petroleum conference. Calgary, Alberta, Canada, 17-19 June 2008
- [2] Pirson, S.J., and Mehta, M.M., 1967, "A Study of Remedial Measures for Water-Coning By Means of a Two-Dimensional Simulator", Paper SPE 1808, 42nd Annual Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME, Houston, TX, October 1-4.
- [3] Widmyer, R.H.: "Producing Petroleum from Underground Formations," U.S. Patent No. 2,855,047, Oct. 3, 1955
- [4] Driscoll, V.J., 1972, "Multiple Producing Intervals to Suppress Coning," US Patent No. 3,638,731, Feb. 1.
- [5] Wojtanowicz, A.K., Hui Xu, and Bassiouni, Z., 1991, "Oilwell Coning Control Using Dual Completion With Tailpipe Water Sink", Paper SPE 21654, SPE Production Operation Symposium, Oklahoma City, OK, April 7-9.
- [6] Swisher, M.D., and Wojtanowicz, A.K., 1995, "In-situ Segregated Production of Oil and water - A Production Method With Environmental Merit: Field Application", Paper SPE 29693, SPE/EPA Exploration and Production Environmental Conference, Houston, TX, March 27-29.
- [7] Shirman, E.I., and Wojtanowicz, A.K., 1998, "More Oil with Less Water Using Downhole Water Sink Technology: A Feasibility Study", Paper SPE 49052, Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, LA, October 27-30
- [8] Fisher, W.G., Letkeman, J.P., and Tetreau, E.M., 1970, "The Application of Numerical Coning Model to Optimize Completion and Production Methods To Increase Oil Productivity in Bellshell Lake Blairmore Pool" Journal of Canadian Petroleum Technology, Oct. - Dec., p33-39
- [9] Inikori SO. Numerical Study of Water Coning Control with Downhole Water Sink (DWS) Well Completions in Vertical and Horizontal Wells. A PhD Dissertation, Department of Petroleum Engineering, Louisiana State University, Aug 2002.
- [10] Smith, C. R., and Pirson, L J., 1963, "Water Coning Control in Oil Wells by Fluid Injection," SPE J., 3, pp. 314-319
- [11] MacDonald, R. C., and Coats, K. H., 1970, "Methods for Numerical Simulation of Water and Gas Coning," SPE J., 10, pp. 425-430
- [12] Jonathan ronon, boundary control of the gas coning problem, norwegian university of science and technology, september 2010