تطبیق تاریخچه یک مخزن شکاف‌دار با استفاده از اطلاعات بالا آمدن سطح تماس آب-نفت و انتخاب بهینه‌ترین سناریوی تولید

سیدصادق طاهری رودسری
پژوهشگاه صنعت نفت، مرکز مطالعات و اکتشاف و تولید
taheriss@ripi.ir

پژوهش نفت
سال بیستم
شماره ۶۱
صفحه ۶۶-۵۸، ۱۳۸۹

چکیده

تطبیق تاریخچه، یکی از قسمت‌های مهم مطالعه مخزن است که به منظور نزدیک کردن عملکرد مدل شبیه سازی به عملکرد مخزن واقعی انجام می‌شود.به‌دلیل منابع زیاد و خطا در داده‌های ورودی، ساخت یک مدل بدون تطبیق تاریخچه، دقت کافی در نتایج را نخواهد داشت. داده‌های به‌دست آمده از گذشته میدان، بایستی برای بهبود مدل و دقت نتایج حاصل از مدل استفاده شود. در بعضی از میادین نفت و گاز، اطلاعات کافی از تاریخچه میدان وجود ندارد و باید از روش‌های ابتکاری برای تطبیق تاریخچه استفاده کرد. میدان مورد مطالعه یک میدان نفتی متروک است که داده‌های تاریخچه‌ای تولید آب و گاز در آن وجود ندارد و تنها تاریخچه تولید نفت و تعداد محدودی فشار وجود دارد. تاریخچه این میدان نفتی نشان می‌دهد یکی از چاه‌های این میدان به‌مدت سه ماه فوران کرده و سطح تماس آب و نفت در این چاه به میزان قابل توجهی بالا آمده است. با توجه به کمبود اطلاعات برای انجام فرایند تطبیق تاریخچه، علاوه بر استفاده از مقادیر تولید نفت و نقاط محدود فشار، اطلاعات تغییر سطح آب-نفت در چاه مذکور به‌عنوان یک راه حل ابتکاری برای تطبیق تاریخچه مدل شبیه‌سازی این میدان استفاده شده است. حرکت سطح تماس آب-نفت در این میدان با موفقیت شبیه‌سازی شد. نتایج شبیه‌سازی تطابق خوبی با مقادیر اندازه‌گیری شده حرکت سطح تماس آب- نفت در این چاه را نشان می‌داد. بعد از تطبیق تاریخچه مدل شبیه‌سازی، سناریوهای متعددی شامل تولید طبیعی (حفر چاه‌های عمودی و افقی)، تزریق آب و تزریق گاز اجرا و مقایسه شدند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که تخلیه طبیعی به‌وسیله چاه‌های افقی و همچنین تزریق آب، منجر به میان‌شکنی زود هنگام آب و ضریب بهره‌دهی پایین می‌شود. پس از بررسی کلیه سناریوها، یکی از سناریوهای تزریق گاز به‌عنوان بهترین سناریوی توسعه میدان انتخاب شد. در این سناریو ۲۰ میلیون فوت مکعب گاز در هر روز در دو چاه تزریق می‌شود (هر چاه ۱۰ میلیون فوت مکعب گاز در روز) که در نتیجه این میدان نسبت به تولید طبیعی در طی ۱۰ سال، ۱۸ میلیون بشکه بیشتر نفت تولید خواهد کرد. در سناریوی منتخب، از دو چاه که به‌دلیل تولید آب بالا، بسته شده بودند به‌عنوان چاه تزریق گاز استفاده می‌شود که در نتیجه برای توسعه میدان، نیازی به صرف هزینه حفر چاه‌های تزریقی نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، تطبیق تاریخچه، مخزن شکافدار، توسعه میدان

مقدمه

دانش شبیه‌سازی مخازن، ترکیبی از علوم فیزیک، شیمی، ریاضی، برنامه‌نویسی و تجربه است. نیاز به شبیه‌سازی مخازن از آنجا ناشی می‌شود که توسعه میادین نفت و گاز نیازمند هزینه‌های بسیار بالاست و در نتیجه ابتدا ریسک انجام پروژه‌ها باید ارزیابی شود. شبیه‌سازی مخازن، راهی برای ارزیابی و مقایسه سناریوهای مختلف توسعه یک میدان نفت و گاز است. شبیه‌سازی مخزن دو هدف اصلی را دنبال می‌کند: ۱. بهبود شناخت خواص مخزن ۲. پیش‌بینی عملکرد مخزن در آینده.

رسیدن به ضریب بهره‌دهی بالاتر، طی تولید از یک مخزن، نیازمند شناخت دقیق مخزن است. شناخت درست از یک مخزن شکاف‌دار و ساخت یک مدل شبیه‌سازی دقیق برای آن کار پیچیده‌ای است. ساخت مدل دقیق، تاثیر مشخصی بر طراحی، عملیات، سناریوهای ازدیاد برداشت و موفقیت اقتصادی دارد. مدل سه بعدی ساخته شده باید تصویری از مخزن به لحاظ تخلخل، تراوایی، اشباع سیالات، نوع سیال، فشار و ... باشد. راه رسیدن به مدلی که نماینده مخزن واقعی باشد، استفاده از تطبیق تاریخچه برای وفق دادن مدل ساخته شده با مخزن واقعی است. تطبیق تاریخچه نیاز به اطلاعات تاریخچه‌ای کافی دارد، در صورت نبود اطلاعات تاریخچه‌ای کافی، مهندس شبیه‌ساز با مشکلات مختلفی روبرو می‌شود. میدان نفتی مورد مطالعه فاقد اطلاعات کافی برای تطبیق تاریخچه بود و لذا سعی شد راهی برای حل این مشکل با استفاده از اطلاعات جانبی، پیشنهاد و اعمال شود. در این مطالعه پس از ساخت مدل شبیه‌سازی، علاوه بر تطبیق تاریخچه تعداد محدود فشارهای اندازه‌گیری شده، از تاریخچه حرکت سطح تماس آب–نفت برای تطبیق تاریخچه و بالا بردن دقت مدل استفاده شد.

میدان مورد مطالعه

میدان مورد مطالعه یک میدان نفتی کربناته شکاف‌دار با ساختار بیضوی است که در سال ۱۹۴۰ کشف شده است، قطر بزرگتر میدان ۱۳ کیلومتر در جهت شمال شرقی–جنوب غربی و قطر کوچکتر آن ۶ کیلومتر با ۴۰ متر بستگی عمودی است. فشار اولیه میدان در عمق ۵۸۰۰ متر زیر سطح دریا، psig ۷۹۰۰ بوده است و سنگ‌شناسی غالب مخزن دولومیتی می‌باشد. میانگین تخلخل برای ماتریکس وشکاف به‌ترتیب ۷ درصد و ۰/۱ درصد است.

میانگین تراوایی های افقی و عمودی برای زمینه به‌ترتیب ۰/۲ و ۰/۰۳ میلی دارسی می‌باشد و همچنین میانگین تراوایی شکاف ۹۰۰ میلی دارسی است. ۱۳ چاه در این میدان حفر شده که تنها ۵ چاه قابلیت تولید نفت را داشته است. فشار مخزن نسبت به عمق آن به‌طور غیر عادی بالا بوده و مخزن دارای سفره آب فعال می‌باشد.در طول عمر مخزن، دبی تولید نفت وتعداد محدودی فشار اندازه‌گیری شده است اما اطلاعات اندازه گیری دبی آب و گاز وجود ندارد.آزمایش‌های خواص سیال روی سه نمونه سیال این مخزن وآزمایش‌های خواص سنگ بر روی یک نمونه سنگ این مخزن انجام شده است. آبده فعال مخزن و شکاف‌دار بودن آن باعث شده که چاه‌های این مخزن، مشکل میان شکنی زود هنگام آب داشته و میدان به‌دلیل همین مشکل دچار ترک شده است.

تئوری شبیه‌سازی مخازن شکاف‌دار با روش‌های محیط دوگانه

بسیاری ازمخازن ایران به‌دلیل عوامل تکتونیکی در طول دوره‌های زمین‌شناسی شکاف‌دار هستند. بعضی عوامل مانند گسل، چین‌خوردگی، نیروهای کششی، اثرات حرارتی و نشست سبب ایجاد شکاف‌های اولیه می‌شود که بعداً تحت تاثیر انحلال و رسوب‌گذاری قرار می‌گیرند. روش‌های متداول برای شبیه‌سازی مخازن شکاف‌دار به‌دلیل پیچیدگی آن دقیق نیست [۱]. تئوری جریان سیال در محیط دوگانه به‌وسیله بریکس[1] بارنبلت و همکاران[2]، ماتکس و کیت[3]، وارن و روت[4]، بارنبلت[5]، براستر[6] توسعه داده شد. ابعاد کاربردی و تئوری مهندسی مخازن شکاف‌دار در کتاب‌های نوشته شده توسط ون گلف راخت[7] و اگیولرا[8] تشریح شده‌اند [۹–۲]. روش‌های محاسبه محیط دوگانه به دو مدل

1. Briks
2. Barenblatt et al.
3. Mattax and Kyte
4. Warren and Root
5. Barrenblatt
6. Braester
7. Van Golf-Racht
8. Aguillera

تخلخل دوگانه[1] و مدل تراوایی دوگانه-تخلخل دوگانه[2] تقسیم می‌شود.

مدل تخلخل دوگانه

وارن و روت در سال ۱۹۶۳، بر پایه مدل تخلخل دوگانه یک راه حل تحلیلی ارائه کردند [۵]. معادله جریان برای مدل تخلخل دوگانه به‌صورت زیر ارائه شد:

$$\partial/\partial_t(\varphi_m b)=\varphi_m c_m \partial p_m/\partial_t=-\alpha k_m(p_f-p_m)/\mu \qquad (۱)$$

مدل تراوایی دو گانه -تخلخل دوگانه

مدل وارن و روت در سال ۱۹۸۵ به‌وسیله بوردت[3] گسترش داده شد [۱۰]. این مدل جریان بین بلوک‌های ماتریکس با ماتریکس و شکاف با شکاف را نیز در محاسبه وارد می‌کند و معادله جریان به‌شکل زیر در می‌آید:

$$\nabla.\frac{k_f b}{\mu}[\nabla p_f-\gamma\nabla h]=\frac{\partial}{\partial t}(b\varphi_f)+q_f-q_{mf} \qquad (۲)$$

$$\nabla.\frac{k_m b}{\mu}[\nabla p_m-\gamma\nabla h]=\frac{\partial}{\partial t}(b\varphi_m)+q_m+q_{mf} \qquad (۳)$$

$$q_{mf}=\alpha\frac{k_m b}{\mu}(p_m-p_f) \qquad (۴)$$

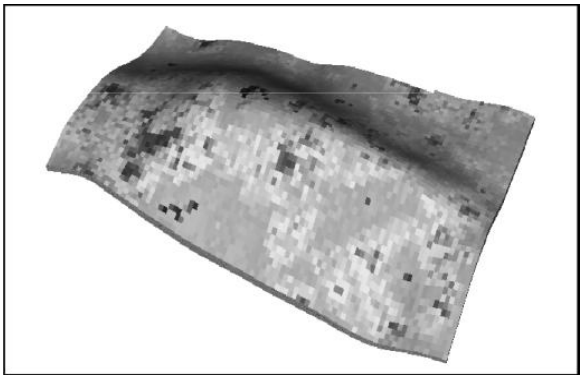
انتقال بین زمینه و شکاف

مهم‌ترین پارامتر شبیه‌سازی مخازن شکاف‌دار، انتقال بین زمینه و شکاف است. روش‌های مختلفی برای محاسبه انتقال بین ماتریکس و شکاف وجود دارد. به‌طور عمومی معادله زیر برای محاسبه انتقال شکاف و ماتریکس استفاده می‌شود که توسط کاظمی ارائه شده است [۱۱]:

$$\sigma=4\left[\frac{k_x}{l^2{}_x}+\frac{k_y}{l^2{}_y}+\frac{k_z}{l^2{}_z}\right] \qquad (۵)$$

مدل شبیه‌سازی میدان

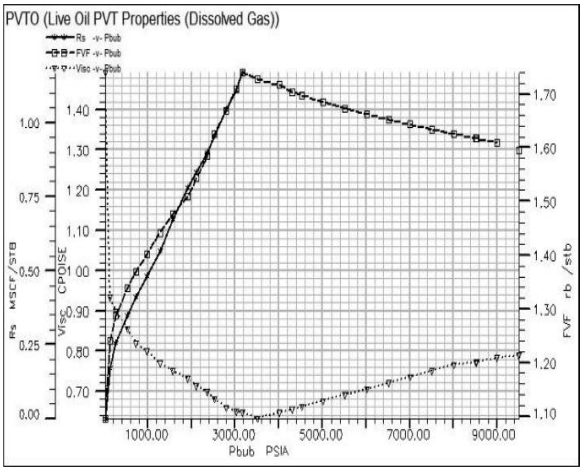
در مدل‌سازی این میدان از نرم‌افزار ECLIPSE استفاده شده است [۱۲]. برای ساخت یک مدل شبیه‌سازی، داده‌های سنگ، سیال، جداول محاسبه‌های درون چاهی و داده‌های لازم برای آغاز سازی مدل باید به مدل آپ اسکیل[4] شده اضافه شود. شکل ۱ نمایی از مدل زمین شناسی این میدان را نشان می‌دهد. داده‌های نمونه‌های خواص سیال موجود بررسی شدند و مناسب‌ترین نمونه انتخاب شد. پس از امتحان معادلات حالت مختلف، معادله پنگ-رابینسون انتخاب و بعد از وفق دادن معادله حالت با داده‌های



شکل ۱- مدل زمین شناسی میدان

آزمایشگاهی، جدول داده‌های خواص سیال برای نرم افزار ECLIPSE تولید شد.

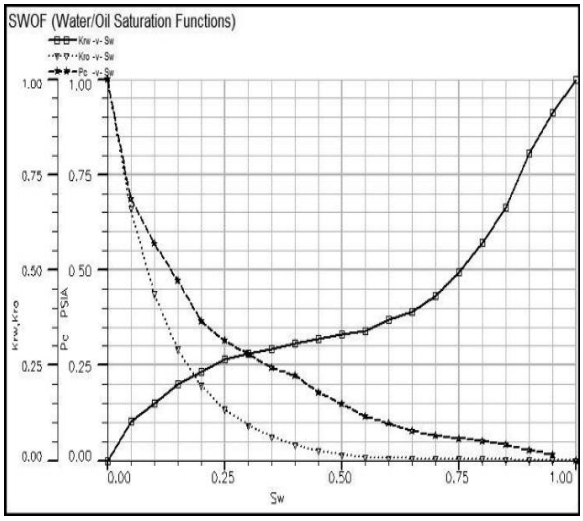
شکل ۲، نمودارهای خواص سیال مخزن تولید شده برای شبیه‌ساز شامل گرانروی نفت، ضریب انبساط حجمی نفت و حلالیت گاز در نفت را نشان می‌دهد.



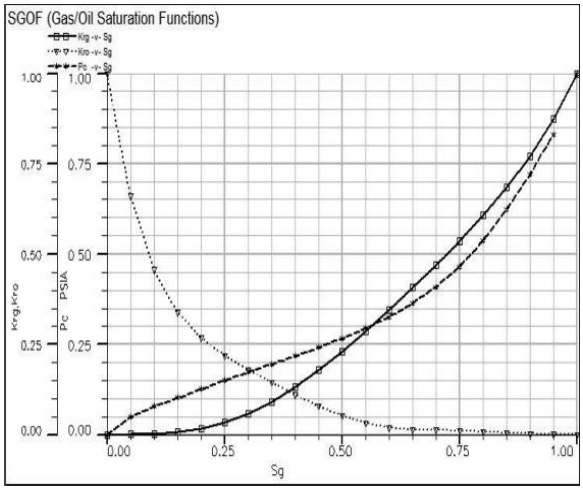
شکل ۲- خواص سیالات مخزن

فقط بر روی یک نمونه سنگ این میدان آزمایش‌های مخصوص آنالیز سنگ مخزن شامل تراوایی‌های نسبی و فشار مویینگی انجام شده بود و ۳ نمونه سنگ دارای داده‌های متداول سنگ مخزن بودند. شکل‌های ۳ و ۴ به‌ترتیب اطلاعات تراوایی نسبی و فشار مویینگی برای سیستم‌های آب-نفت و گاز-نفت را نشان می‌دهند. جدول محاسبه‌های درون چاهی پس از آنالیز داده‌های

1. Dual Porosity
2. Dual Porosity/Dual Permeability
3. Bourdet
4. Upscale

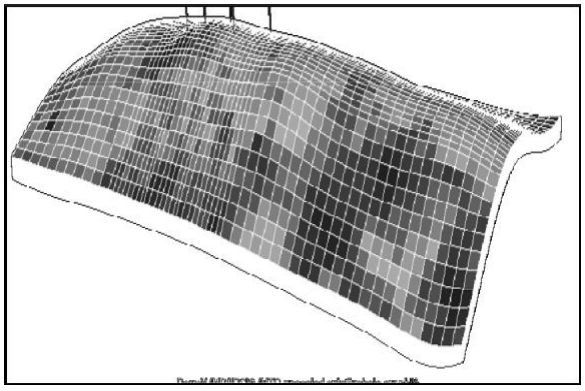


شکل ۳- تراوایی نسبی و فشار مویینگی، سیستم آب-نفت



شکل ۴- تراوایی نسبی و فشار مویینگی، سیستم نفت-گاز

تکمیل چاه و آزمایش‌های انجام شده در چاه‌ها، تهیه شد. نهایتاً مدل شبیه‌سازی با استفاده از اطلاعات سنگ، سیال، جداول محاسبه‌های درون چاهی و داده‌های اولیه نظیر فشار اولیه، عمق اولیه و سطح تماس آب-نفت، آغاز سازی شد. شکل ۵، نمایی از مدل شبیه‌سازی ساخته شده

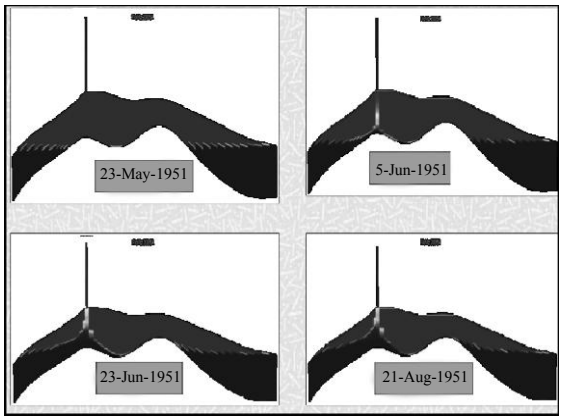


شکل ۵- مدل شبیه سازی میدان

را نشان می‌دهد. بعد از آنالیز حساسیت روی عامل‌های مختلف مدل، روش تخلخل دوگانه انتخاب و مقدار انتقال ماتریکس و شکاف، طی فرایند تطبیق تاریخچه $0/09$ $1/ft^2$ محاسبه شد.

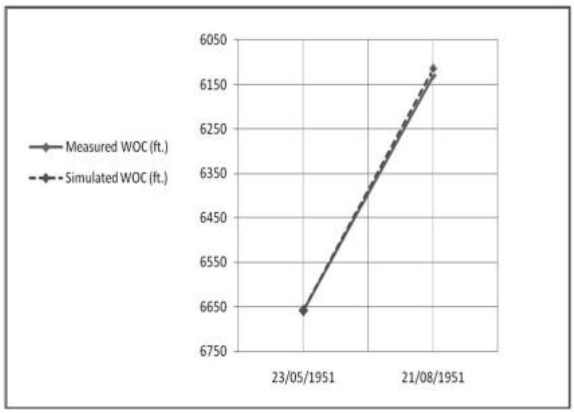
تطبیق تاریخچه

پس از مرور تاریخچه این میدان معلوم شد که یکی ازچاه‌های این میدان به‌علت مشکل در فوران گیرچاه،حدود ۳ ماه فوران کرده و این فوران باعث بالا آمدن قابل توجه سطح آب در این چاه شده است.در ادامه بررسی‌ها معلوم شد که سطح تماس آب-نفت دراین چاه قبل و بعد از فوران اندازه گیری شده است.به‌دلیل کمبود اطلاعات برای تطبیق تاریخچه مدل شبیه‌سازی، تصمیم گرفته شد تاریخچه حرکت آب در این چاه شبیه‌سازی شود و از اطلاعات اندازه‌گیری شده برای تطبیق تاریخچه و رسیدن به مدل دقیق‌تر استفاده شود. شکل ۶، شبیه‌سازی بالا آمدن آب طی فوران چاه را نشان می‌دهد.

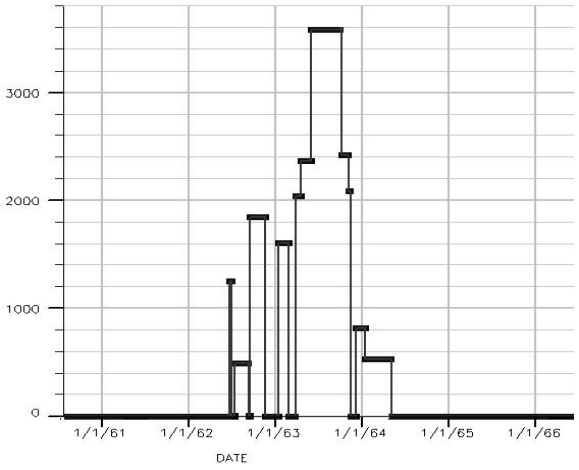


شکل ۶- شبیه‌سازی بالا آمدن آب طی فوران چاه

شکل ۷، مقدار شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده سطح آب-نفت قبل و بعد از فوران چاه را مقایسه می‌کند، همان‌طور که شکل نشان می‌دهد مقادیر اندازه‌گیری شده بالا آمدن آب و مقادیر حاصل از شبیه‌سازی بسیار نزدیک هستند، همچنین مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده تولید نفت تطابق بسیار خوبی را نشان می‌دهند. شکل ۸، مقایسه مقادیر محاسبه شده تولید نفت توسط شبیه‌ساز و نیز مقادیر اندازه‌گیری شده در یکی از چاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۷- مقایسه سطح تماس آب-نفت اندازه گیری شده و شبیه سازی شده



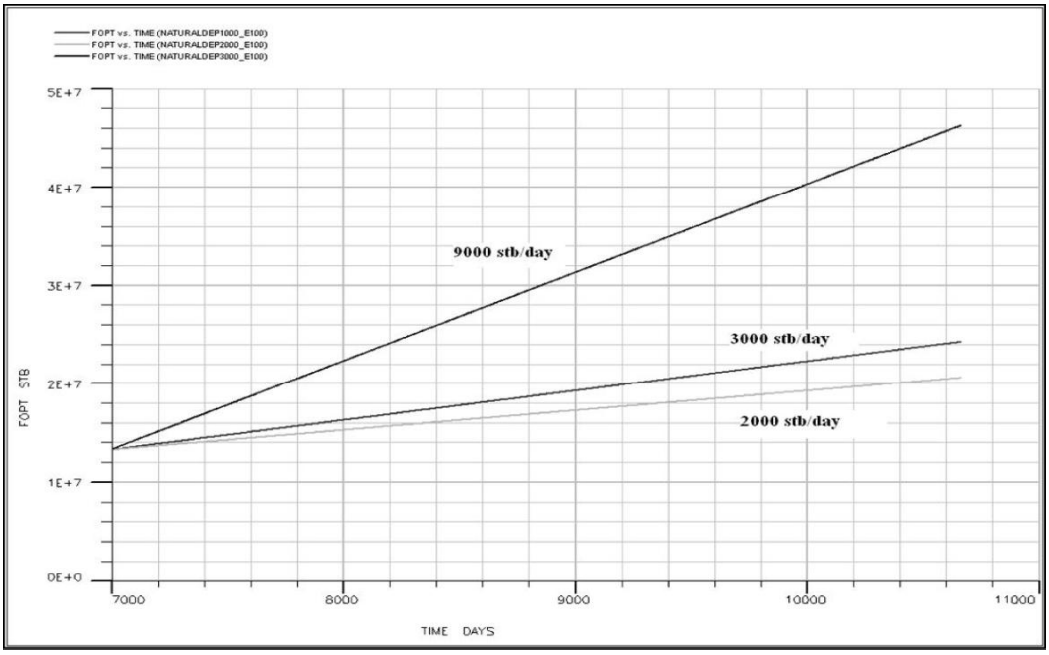
شکل۸- مقایسه مقادیر محاسبه شده (خط نازک) و اندازه‌گیری شده (خط پر) تولید نفت در یکی از چاه‌های میدان (استاندارد بشکه در روز)

سناریوهای توسعه میدان

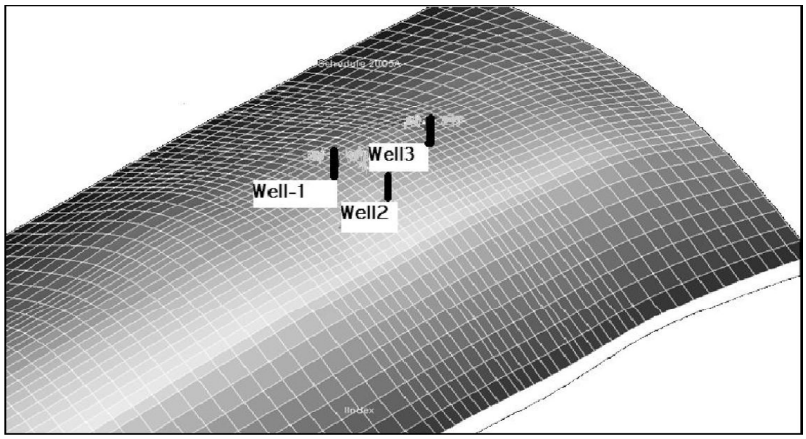
میدان مورد مطالعه در حال حاضر متروک است و هدف از این مطالعه پیدا کردن سناریوی مناسب برای فعال کردن دوباره میدان است. هدف از اجرای سناریوهای مختلف توسعه میدان به‌وسیله شبیه‌ساز، انتخاب بهینه‌ترین روش توسعه میدان با بالاترین ضریب بازدهی است. به‌طور کلی میزان تخلیه نفت از زمینه، نقش بسیار تعیین کننده‌ای در ضریب بازدهی مخازن شکاف‌دار دارد [۱۳]. همچنین تولید سریع نفت در برخی مخازن شکاف‌دار باعث باقی ماندن نفت در مخزن و پایین آمدن بازدهی آن می‌شود [۱۴]. بررسی خواص این میدان و اجراهای مدل شبیه‌سازی حاکی از آمادگی بالای این میدان برای میان شکنی زود هنگام آب[1] در چاه‌ها است. نکات ذکر شده در اجرای سناریوهای توسعه میدان توسط شبیه‌ساز مد نظر قرار گرفت و سناریوهای تخلیه طبیعی ، تزریق آب وتزریق گاز غیر امتزاجی توسط مدل شبیه‌سازی اجرا شد. سناریوهای مختلف تزریق آب به لحاظ تعداد چاه‌های تزریقی، میزان تزریق و مکان چاه‌های تزریق اجرا شد و تمامی آنها منجر به میان‌شکنی زود هنگام آب در چاه‌ها و بازدهی کم میدان می‌شدند، بنابراین سناریوی تزرق آب در این میدان رد شد. سناریوهای مختلف تخلیه طبیعی به لحاظ تعداد چاه‌ها، مکان چاه‌ها، میزان تولید و عمودی یا افقی بودن چاه‌ها اجرا شد. چاه‌های افقی در این مخزن شکاف‌دار نیز منجر به میان‌شکنی زود هنگام آب در چاه‌ها و ضریب بازدهی کم می‌شدند، پس در روش تخلیه طبیعی، حفر چاه‌های افقی برای این میدان پیشنهاد نمی‌شود. شکل ۹، تولید نفت تجمعی برای سه سناریوی مختلف تولید طبیعی را نشان می‌دهد. تعداد چاه‌های تولیدی برای هر سه سناریو یکسان بوده و تنها میزان تولید از چاه‌ها در سناریوهای مختلف تغییر داده شده است. پس از بررسی سناریوهای مختلف تولید طبیعی، به لحاظ میزان تولید، تعداد چاه‌های تولیدی و مکان چاه‌ها ،سناریوی تولید ۳۰۰۰ بشکه در روز (با سه چاه تولیدی، هر چاه ۱۰۰۰ بشکه در روز) بین سناریوهای تولید طبیعی بهترین سناریو تشخیص داده شد. سناریوهای با تولید بالاتر منجر به میان شکنی زود هنگام آب می‌شود. شکل ۱۰، چاه‌های تولیدی بهترین سناریوی تولید طبیعی را نشان می‌دهد.

سناریوهای مختلف تزریق گاز غیر امتزاجی از نظر میزان تزریق گاز، تعداد و مکان چاه‌های تزریقی به‌وسیله مدل شبیه‌ساز اجرا شد، نهایتاً پس از بررسی همه سناریوها و مقایسه با سناریوهای تولید طبیعی، یکی از سناریوهای تزریق گاز به‌عنوان بهینه ترین سناریوی تولید از این میدان انتخاب شد. در این سناریو۲۰ میلیون فوت مکعب در روز در دو چاه تزریق گاز (هر چاه ۱۰ میلیون فوت مکعب در روز) در مخزن تزریق می‌شود و میدان طی۱۰ سال با دو چاه تولیدی افقی، حدود ۱۸ میلیون بشکه نفت بیشتر نسبت به بهترین سناریوی تولید طبیعی تولید می‌کند. در سناریوهای تزریق گاز چاه‌های افقی به‌عنوان چاه‌های تولیدی، عملکرد خوبی نشان دادند.

1. Water Breakthrough



شکل ۹- تولید نفت تجمعی میدان برای سه سناریوی مختلف تولید طبیعی



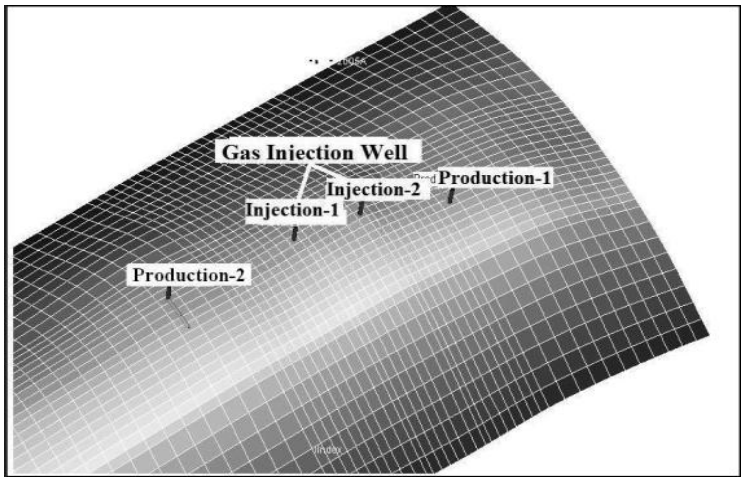
شکل ۱۰- چاههای تولیدی بهترین سناریوی تولید طبیعی

در این سناریو از ۲ چاه تولیدی موجود که قبلاً به‌علت تولید آب زیاد بسته شده بودند به‌عنوان چاه تزریقی استفاده شد که در نتیجه نیازی به صرف هزینه برای حفر چاه تزریق گاز نخواهد بود. شکل۱۱، چاه‌های تولیدی و تزریق گاز را در بهترین سناریوی تزریق گاز نشان می‌دهد. شکل۱۲، تولید تجمعی نفت بهترین سناریوی تولید طبیعی و بهترین سناریوی تزریق گاز را مقایسه می‌کند. شکل۱۳، توزیع سیالات مخزن بعد از تزریق گاز را نشان می‌دهد. در سناریوی تزریق گاز باید به این نکته دقت داشت که با توجه به فشار فوق طبیعی مخزن، تزریق گاز در شرایط فعلی مخزن نیاز به تامین کمپرسور و خطوط لوله انتقال و تزریق در فشارهای بالا دارد و نیاز به بررسی کامل از لحاظ امکانات سطح‌الارضی است.

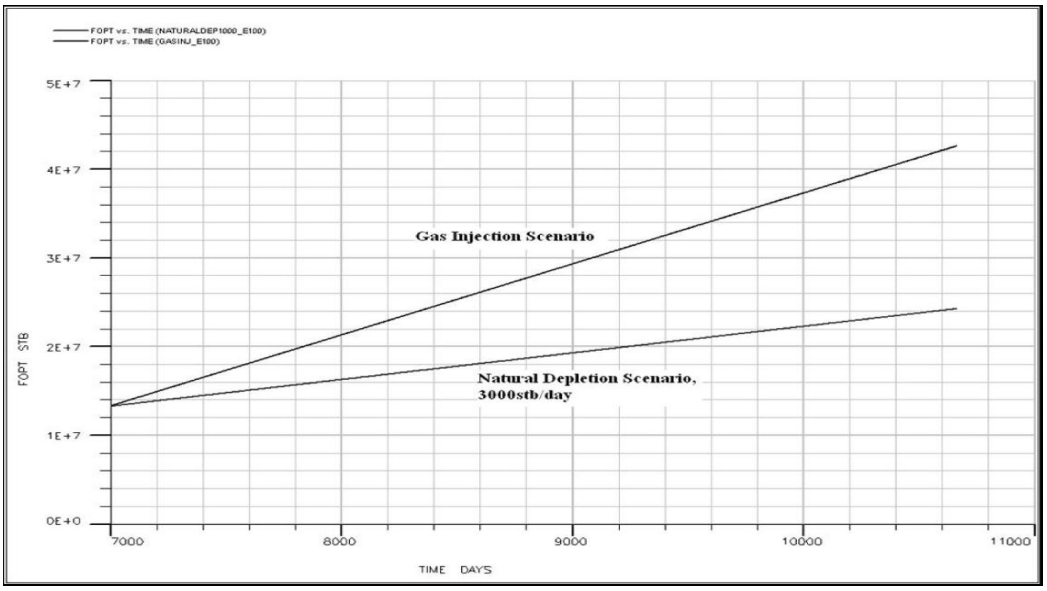
نتیجه گیری

۱- رسیدن به شناخت دقیق از یک مخزن شکاف‌دار برای مدل‌سازی و پیش‌بینی درست عملکرد مخزن، کار دشواری است و باید از تمام داده‌های موجود برای بهبود دقت مدل استفاده کرد.

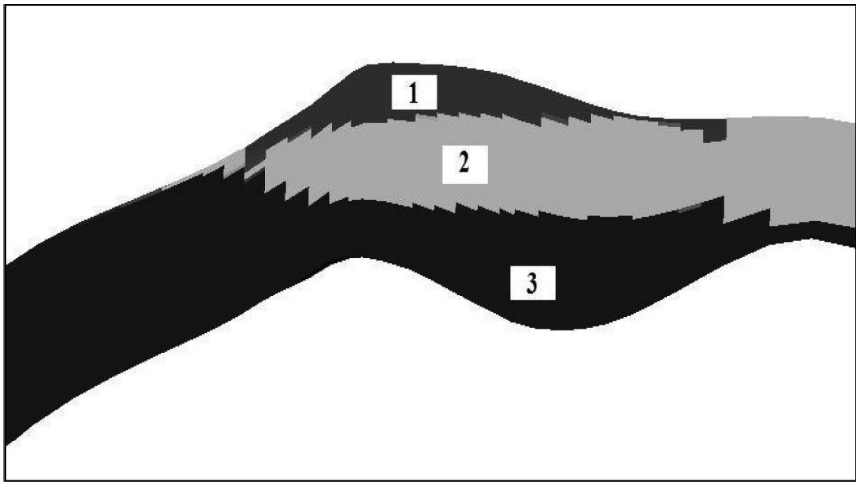
۲- در این مطالعه استفاده از تاریخچه بالا آمدن سطح تماس آب – نفت یک چاه در تطبیق تاریخچه، سبب بهبود دقت مدل و در نتیجه بهبود دقت پیش‌بینی مدل شد.



شکل۱۱- چاه‌های تولیدی و تزریق گاز



شکل۱۲- مقایسه تولید تجمعی نفت بهترین سناریوی تولید طبیعی وتزریق گاز



شکل۱۳- توزیع سیالات مخزن بعد از تزریق گاز، گاز (۱)، نفت (۲)، آب (۳)

۳- در سناریوی تخلیه طبیعی بهینه‌ترین میزان، تولید میدان ۳۰۰۰ بشکه در روز ارزیابی شد.

۴- در بهینه‌ترین سناریوی تخلیه طبیعی، تولید تجمعی نفت طی ۱۰ سال، با سه چاه تولیدی، حدود ۱۱ میلیون بشکه خواهد بود.

۵- چاه‌های افقی در سناریوهای تخلیه طبیعی منجر به میان‌شکنی زود هنگام آب و ضریب بهره‌دهی پایین می‌شود.

۶- سناریوهای تزریق آب منجر به میان‌شکنی زود هنگام آب و ضریب بهره‌دهی پایین می‌شود.

۷- طی ۱۰ سال در بهترین سناریوی تزریق گاز با دو چاه تولیدی، تولید تجمعی به حدود ۲۹ میلیون بشکه می‌رسد. بنابراین با تزریق گاز در این میدان و با دو چاه تولیدی می‌توان حدود ۱۸ میلیون بشکه بیشتر از تخلیه طبیعی با ۳ چاه تولیدی، نفت تولید کرد.

علائم و نشانه‌ها

b: باز شدگی، ft

α: ضریب شکل

p_m: فشار ماتریکس، psi

c_m: تراکم پذیری ماتریکس، psi/1

p_f: فشار شکاف psi

φ_m: تخلخل ماتریکس

k_m: تراوایی ماتریکس، md

t: زمان day

h: ارتفاع ft

μ: گرانروی، cp

q_{mf}: جریان بین ماتریکس و شکاف، STB/D

p_f: جریان شکاف STB/D

σ: ضریب انتقال ماتریکس-شکاف، $1/ft^2$

L_x: طول بعد بلاک ماتریکس در جهت x، ft

L_y: طول بعد بلاک ماتریکس در جهت y، ft

L_z: طول بعد بلاک ماتریکس در جهت z، ft

منابع

[1] Settary A., *Topics in Reservoir Simulation, TURUS Reservoir solutions Ltd*., Canada, 2001.

[2] Briks J., *A Theoretical Investigation Into the Recovery of Oil from Fissured Limestone Formations BY Water Drive and Gas Cap Drive*,4 th World Petroleum Cong., Rome, pp.425-440, 1955.

[3] Barenblatt G.I. ,*"Basic Concepts in the Theory of Seepage of Homogenous Liquid in Fissured Rocks, J. Appl. Math and Mech."*,Vol 24,No. 5 , 1960.

[4] Mattax C.C. & Kyte J.R., *"Imbibition Oil Recovery from Fractured Water-Drive Reservoirs" , Soc. Pet. Eng. J.,*Vol.15, pp.177-184, 1962.

[5] Warren J.E. & Root P.J., *"Behavior of Naturally Fractured Reservoirs", Soc. Pet. Eng. J.,* Vol. 9, pp. 245-255, 1963.

[6] Barenblatt G.I., *"On the Motion of Gas-Liquid Mixture in Porous Fissured Media", Nauk SSSR*, No. 3, pp. 47-50, 1964

[7] Braester C., "*Simultaneous Flow of Immiscible Liquids Through Porous Media"*, Soc. Pet. Eng. J., pp. 297-305, 1972.

[8] Van Golf-Racht T.D., *Fundamentals of Fractured Reservoir Engineering*, Elsevier, 1985.

[9] Aguilera R., *Naturally Fractured Reservoirs, PennWell Books*, 1995.

[10] Bourdet D., *Pressure Behavior of Layered Reservoirs with Crossflow, SPE Conference,* Califonia Regional Meeting, SPE 13628, 1985.

[11] Kazemi H., *Numerical Simulation of Water-Oil Flow in Naturally Fractured Reservoirs*, Soc. Pet. Eng. J., pp. 317-326, 1976.

[12] ECLIPSE, versino2005a, Schlumberger.

[13] Lucia F.J., *Carbonate Reservoir Characterization, Springer*, USA, 1999.

[14] Consentino L., *Integrated Reservoir Studies*, Editions TECHNIP, Paris, 2001.