

بررسی روش های نگهداشت و افزایش فشار به منظور بهبود برداشت از مخازن گاز میعانی

سجاد بهرام پور^۱، علی رفیعی فر، سجاد کهریزی، مریم صفری انارکولی

چکیده

سیاست گذاری تولید گاز از مخازن گاز میعانی کشور که مبتنی بر تخلیه طبیعی است، باعث می شود که میزان برداشت میعانات گازی بدلیل تشکیل و ریزش ناشی از میعان معکوس، به تدریج و با افت فشار گاز در گستره زیر نقطه شبنم، کاهش یابد و قسمت اعظم میعانات گازی در مخزن تشکیل شده و در نزدیکی چاه بلوکه شود. این مسئله سبب می شود تا این میعانات در مخزن باقی مانده و قابل استحصال نباشد. مطالعات و شبیه سازی های انجام شده در خصوص مخازن گاز میعانی نشان می دهد که در صورت استفاده از روش های جدید، میزان ازدیاد برداشت میعانات در یک دوره می تواند قابل ملاحظه باشد. میدان پارس جنوبی یکی از بزرگ ترین میادین گاز میعانی جهان است که با برداشتی که در چند سال اخیر از این میدان صورت گرفته است، فشار مخزن به نزدیک فشار نقطه شبنم نزدیک شده و بررسی سناریوهای مختلف تثبیت فشار در این میدان اهمیت به سزایی پیدا کرده است. با توجه به این که میدان پارس جنوبی با کشور قطر مشترک است، برای حفظ منافع ملی، استفاده از روش های تثبیت فشار از حساسیت های خاصی برخوردار است که نیازمند مطالعه ای جامع و دقیق است. پر واضح است که با توجه به وضعیت فعلی تولید در این میدان، در ۵ سال آینده استفاده از کمپرسور در میدان گازی پارس جنوبی امری غیر قابل اجتناب خواهد بود. در این مقاله به بررسی پژوهش های انجام شده در خصوص حفظ و تثبیت فشار در مخازن گاز میعانی مشابه پرداخته شده است و نتایج مربوط به دو مدل سازی آزمایشگاهی تفسیر گردیده و در پایان ارایه ی راه کار مناسب ازدیاد برداشت و روش های جلوگیری از خطاهای احتمالی موجود در فرآیند مدل سازی آزمایشگاهی برای این میدان گازی مهم بیان گردیده است.

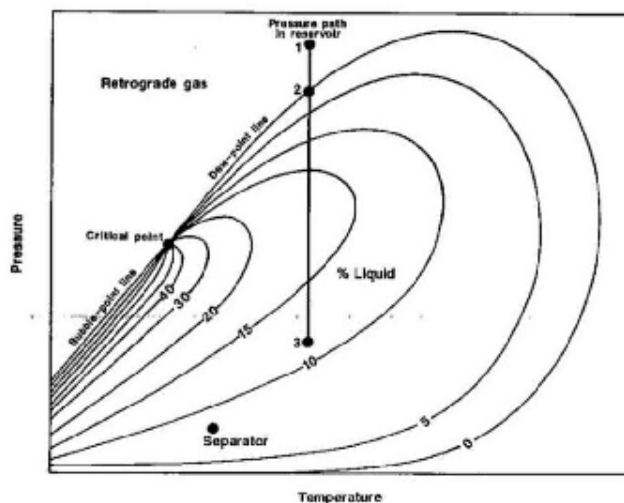
کلمات کلیدی: ازدیاد برداشت، تزریق گاز، تثبیت فشار، مخازن گازی میعان معکوس

۱. مقدمه

یکی از مهمترین فرآیندهای موجود در فرآیند اکتشاف تا تولید مخازن هیدروکربوری، شناسایی دقیق و هر چه بیشتر ویژگی های مخزن و نوع سیال و ترکیبات موجود در آن می باشد.

به طور کلی سیالات موجود در مخازن هیدروکربوری به پنج دسته ی نفت سیاه، نفت فرار، گاز خشک، گاز تر و گاز میعانی معکوس تقسیم بندی می شوند که هر کدام ویژگی های خاص خود را دارند.[1] اما می توان گفت که پیچیده ترین و ناشناخته ترین نوع سیال از میان این طبقه بندی، مخازن گازی میعان معکوس می باشد که در دهه های اخیر نیز، مطالعات انجام شده روی این نوع از مخازن و شناخت درست آن به یکی از پرچالش ترین مباحث موجود در تحقیقات مهندسان نفت تبدیل شده است. موقعیت فازی این نوع از مخازن در حد فاصل حداکثر دمای مخزن و دمای بحرانی قرار دارد.

با شروع تولید از مخزن و گذر زمان، فشار اینگونه مخازن به زیر فشار نقطه شبنم رفته و عمل میعان معکوس رخ می دهد. شکل ۱ به خوبی بیانگر این فرآیند می باشد.[1] با ادامه این فرآیند، مقدار قابل توجهی از میعانات با ارزش، در مخزن تشکیل یک فاز مایع آزاد داده که غیر قابل تولید و استحصال می باشد. این مایع آزاد تحرک پذیر نبوده و سبب کاهش تراوایی ناحیه ی تولیدی چاه و به دنبال آن کاهش تولید گاز و میعانات با ارزش می شود که زیان های اقتصادی جبران ناپذیری را می تواند منجر شود.[2]



شکل ۱ - نمودار فازی مخازن گاز میعان معکوس [1]

۲. روش های مختلف ازدیاد برداشت از مخازن گاز میعانی

تاکنون روش های مختلفی برای ازدیاد برداشت از این نوع از مخازن پیشنهاد شده است که هر کدام از این روش ها در موقعیت خاص خود می تواند کاربرد داشته باشد. از جمله روش های موجود می توان موارد زیر را نام برد :

(۱) بازگردانی گاز هیدروکربوری خشک

یکی از روش های مناسب برای تثبیت فشار و ازدیاد برداشت مخازن گاز میعانی، تزریق گاز خشک مخزن به داخل آن می باشد. در این فرآیند پس از تولید گاز مخزن و جداسازی میعانات آن در سطح، گاز عاری از میعانات دوباره به داخل مخزن تزریق می شود تا از افت فشار بیشتر جلوگیری کرده و سبب تولید بیشتر میعانات گردد. این گاز دارای تطابق کامل با ویژگی های مخزن می باشد اما یک موضوع مهم در این روش این است که میزان گاز خشک حاصل از مخزن، به اندازه ای باشد که بتواند فشار مخزن را تثبیت کند اگر میزان آن کافی نباشد یا باید از منابع دیگر تامین شود و یا اینکه تعداد چاه های تولیدی مخزن را افزایش داد و یا از گاز های غیرهیدروکربوری کمک گرفت. [3]

(۲) تزریق گاز های غیر هیدروکربوری

از جمله گاز های کاربردی که غیرهیدروکربوری هستند می توان گاز های CO_2 و N_2 را نام برد که برخی مواقع استفاده از آن ها می تواند بسیار مناسب واقع شود. تحقیقات انجام شده در خصوص کاربرد این دو نوع از گاز برای ازدیاد برداشت نشان داده است که این گازها می توانند علاوه بر تامین فشار مورد نیاز، سبب تبخیر مجدد میعانات شوند [3] و بدین ترتیب هم از کاهش تولید و کاهش تراوایی نسبی جلوگیری کرده و هم سبب بازیابی میعانات می شوند.

همچنین امتزاج پذیری بین گاز CO_2 و سیال موجود در مخزن، تنش سطحی را حذف کرده و سبب انحلال این دو با یکدیگر شده و بازیابی را بهبود می بخشد. [4]

(۳) شکاف زایی هیدرولیکی

شکاف زایی هیدرولیکی نسبت به تزریق گاز کمتر مرسوم بوده اما جزء روش های بهبود برداشت محسوب می شود. در این روش شکاف ها در اطراف چاه ایجاد شده و موجب افزایش فشار ته چاهی می شود که تراوایی ناحیه ی تولیدی نیز بهبود می یابد و در نهایت سبب کاهش احتمال رخ دادن پدیده ی میعان معکوس می شود. [5] اما امکان اینکه پس از مدتی دوباره میعانات بر روی سطح شکاف ها ایجاد شده و باعث انسداد شوند، وجود دارد. این روش برای بازه های زمانی به صورت مقطعی می تواند مفید باشد. [3]

(۴) تولید - تزریق متناوب

به کارگیری متناوب تولید و تزریق در یک فرآیند بازیابی، عملاً میزان بازیابی میعانات را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد. در این روش با تولید به یک میزان خاص، فرآیند تولید متوقف شده و تزریق شروع می شود تا افت فشار ناشی از تولید را جبران کرده و مانع تشکیل میعانات در داخل مخزن گردد. [6]

(۵) حفاری جهتدار

حفاری جهتدار به دلیل حساسیت های خاص خود دارای عملیاتی پیچیده و زمان بر می باشد اما مزیت اصلی و مهم آن این است که در این روش، با ایجاد سطح تماس بیشتر ناحیه ی تولیدی چاه با مخزن می توان از افت فشار زود هنگام جلوگیری کرده و بعلاوه بخش قابل توجهی از میعانات را بازیابی کرد بدون اینکه فشار مخزن به زیر نقطه ی شبنم برسد. در واقع یک عملیات تولید با نرخ بالا و افت فشار کم می باشد که برای مخازن گاز میعانی بازدهی قابل توجهی می تواند داشته باشد. [3]

۳. بررسی تاثیر تزریق گاز های CH_4 و N_2 ، CO_2 بازگردانی گاز

از بهترین راه های آگاهی از روند و نتیجه ی انجام یک فرآیند، شبیه سازی آن در آزمایشگاه یا با کمک نرم افزار می باشد. به ویژه برای عملیات های حساس و پر هزینه با ریسک بالا، مدل سازی می تواند خطرات را کاهش داده و فرآیند را به نتیجه ی دلخواه نزدیک کند. به منظور حفظ و تثبیت فشار مخازن گاز میعانی، مطالعات خوبی انجام شده است که به اختصار مورد بررسی قرار می گیرد:

۱) مدل سازی آزمایشگاهی اول

در یک فرآیند شبیه سازی شده در آزمایشگاه از یکی از مخازن گاز میعانی در کشور ایران، ۵ سناریوی تخلیه ی طبیعی، بازگردانی گاز، CO_2 ، N_2 و CH_4 مورد بررسی قرار گرفته است. این سناریوها برای بازه ی زمانی سالهای ۲۰۱۰ الی ۲۰۳۰ در نظر گرفته شده است و دو چاه تزریقی و یک چاه تولیدی برای آن مدل سازی شده است. همچنین ترکیب درصد سیال نیز در جدول ۱ آورده شده است. [7]

جدول ۱- درصد ترکیب اجزاء نمونه سیال مخزن مدل سازی اول

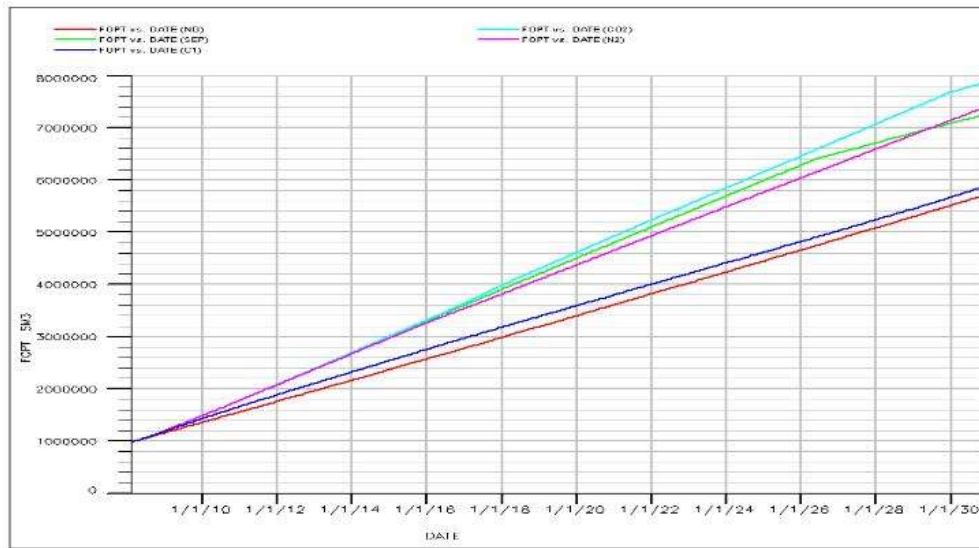
Component	Mole Percent
N_2	2.104
C_1	82.174
CO_2	17.900
C_2	6.308
C_3	3.438
iC_4	0.536
nC_4	1.309
iC_5	0.439
nC_5	0.454
fC_6	0.587
C_7-C_{10}	1.472
$C_{11}-C_{14}$	0.596
C_{15+}	0.405

طی این شبیه سازی، تاثیر هر کدام از سناریوها بر میزان بازیابی میعانات مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۲- میزان بازیابی میعانات در سناریو های مختلف

Date	Condensate Recovery (Natural Depletion) Mm^3	Condensate Recovery (Gas Recycling) Mm^3	Condensate Recovery (Methane Inj) Mm^3	Condensate Recovery (N_2 Inj) Mm^3	Condensate Recovery (CO_2 Inj) Mm^3
2010	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5
2020	3.4	4.5	3.6	4.4	4.6
2030	5.7	7.3	5.9	7.4	7.9

مشاهده می شود که تزریق گاز CO₂ دارای بالاترین نرخ تولید و بازیابی میعانات و تزریق متان دارای کمترین آن است. نرخ تولید میعانات در سناریوی بازگردانی گاز نیز تا سال ۲۰۲۶ بالا بوده اما بعد از آن به شدت کاهش داشته است. تولید تجمعی میعانات در این شبیه سازی برای همه ی سناریو ها در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ - تولید تجمعی میعانات گازی در حالت های متفاوت تزریق

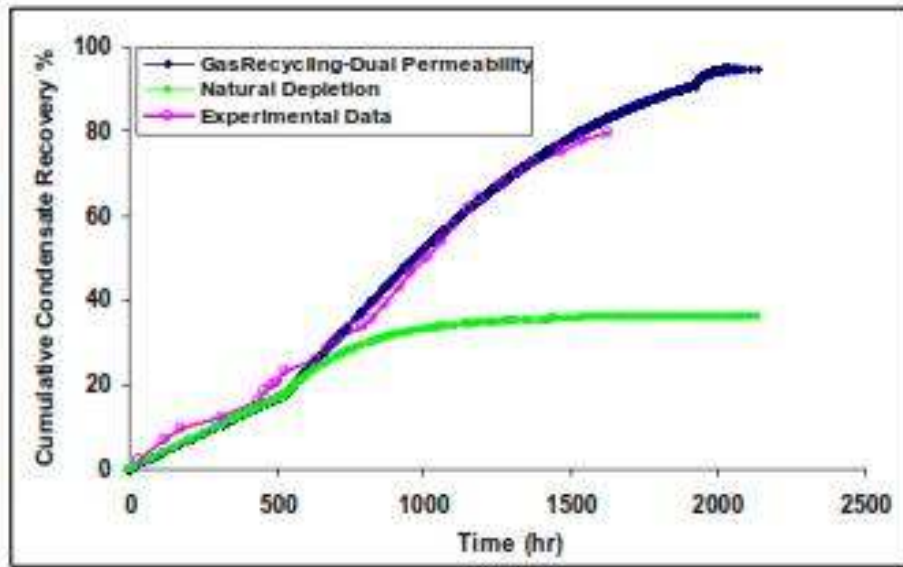
۲) مدل سازی آزمایشگاهی دوم

در یک مدلسازی تجربی دیگر، بر روی ۶ نمونه مغزه ی سنگ مخزن که به صورت یک سیستم شکافدار در دستگاه نگهدارنده ی مغزه قرار گرفته اند، آزمایش های بازگردانی گاز بر روی آن ها در یک مدل مخزن شکافدار با خاصیت گاز میعانی مورد بررسی قرار گرفته است. اهداف مطالعه نیز تاثیر فرآیند بازگردانی گاز بر بازیابی میعانات گازی تحت فرآیند نگهداری فشار می باشد. درصد ترکیب اجزاء سیال مخزن در جدول ۳ آورده شده است. [6]

جدول ۳ - درصد ترکیب اجزاء نمونه سیال مخزن مدل سازی دوم

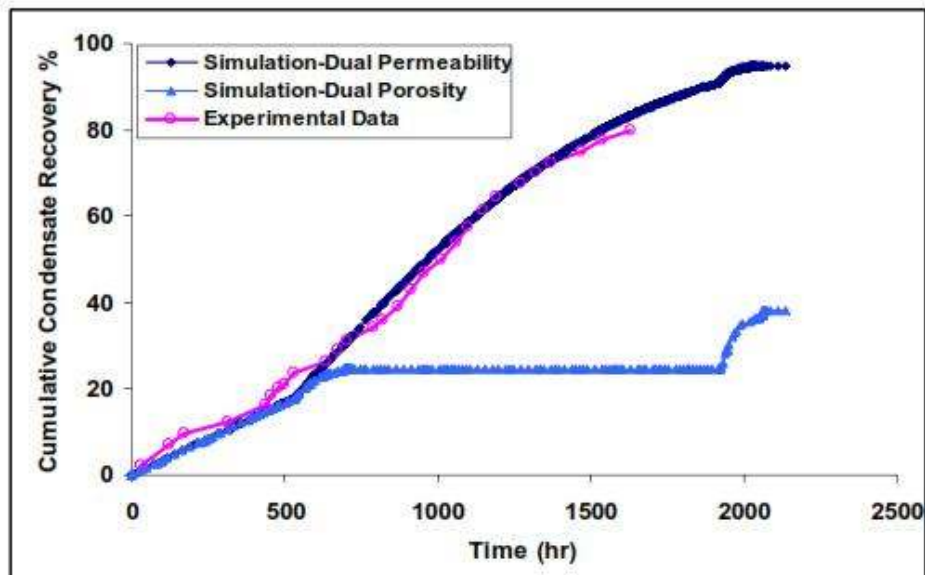
Component	Mole Fraction
N2	0.280
CO2	2.234
C1	63.867
C2	6.108
C3	2.891
i-C4	0.546
n-C4	1.06
i-C5	0.444
n-C5	0.494
C6	0.726
C7	0.061
C8	0.186
C9	0.237
C10	0.19
C11	0.135
C12	0.099
C13	0.061
C14	0.059
C15	0.046
C16	0.026
C17	0.008
C18	0.019
C19	0.011
C20	0.007
C21	0.004
C22	0.003
C23	0.002
C24	0.001
C25	0.003
C26	0.001
C27	0.001
C28	0.001

در این مدل، تراوایی مخزن به عنوان تراوایی دوگانه (شکاف و منافذ) در نظر گرفته شده و نشان داده شده است که تاثیر فرآیند بازگردانی گاز بر مدل بازیابی میعانات هنگامی که تراوایی مدل دوگانه باشد، بیش از ۲,۵ بار بیشتر از زمانی است که مدل به صورت تخلیه ی طبیعی عمل می کند که شکل ۳ نیز به خوبی بیانگر این پروسه می باشد.



شکل ۳ - تاثیر بازگردانی گاز بر بازیابی میعانات

از آنجایی که این مدل سازی دارای شکاف می باشد، رفتار شکاف بر بازیابی تاثیر بسزایی دارد. اگر مدل بر اساس تخلخل دوگانه عمل کند، حتی با پروسه ی تزریق چرخه ای، عمل میان شکنی^۱ سریع تر رخ داده و سبب بازیابی کمتر میعانات نسبت به مدل تراوایی دوگانه می شود. شکل ۴ به خوبی این موضوع را نشان می دهد.



شکل ۴ - تاثیر رفتار شکاف مخزن بر روی بازیابی میعانات

¹ Break Through

۴. خطاهای احتمالی در هنگام مدل سازی نمونه گاز میعانی

(۱) آلودگی نمونه ی مورد نیاز

وجود آلودگی های موجود در ستون چاه همانند آلودگی ناشی از گل حفاری پایه روغنی حتی به میزان کم، می تواند سبب خطاهای قابل توجه در ارزیابی خواص سیالات در آزمایشگاه شود. از دیگر منابع آلودگی نیز می توان لوله های آلوده و ظرف های آلوده را نام برد که باید در هنگام اجرای نمونه برداری از سیال دقتهای لازم را در نظر گرفته تا از وقوع چنین مشکلاتی پیشگیری شود. [6]

(۲) مدل سازی نامناسب سیال

در شبیه سازی خواص سیالات ، معادلات حالت مختلفی در دسترس هستند. انتخاب هر مدل بستگی به نوع سیال و شرایط آن دارد. به عنوان مثال معادله حالت پنگ رابینسون برای نفت های سبک و یا سیالات گازی غنی از میعانات نزدیک به حالت بحرانی استفاده می شود. پس نیاز است با توجه به شرایط موجود در مخزن و نوع سیال، معادلات حالت مناسب برای انجام شبیه سازی ها استفاده شود. [6]

۵. مراجع

- 1- William D. McCain Jr.(2002),“The Properties of Petroleum Fluids,” second edition. Pennwell Books.
- ۲- باقر پور، م. دفتریان، م. سروش، ح. (۱۳۸۷) "سیاست گذاری برداشت از مخازن،" نشریه انجمن نفت، شماره ۷۰، ایران
- ۳- شاه حسینی، مهدی. (۱۳۸۹)، "چالش ها و راه کار های مدیریت بهینه و برداشت صیانتی از مخازن گاز میعانی،" ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۶۹، تیر ماه ۱۳۸۹، ایران
- 4- Shtepani, E.(2006). “CO2 Sequestration in Depleted Gas/Condensate Reservoir” SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 24-27 September, San Antonio, Texas, USA
- ۵- افشاری، س. بهنمش، ح. (۱۳۸۷) «روش های ازدیاد برداشت از مخازن گاز میعانی» ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۵۱، آبان ماه ۱۳۸۷، ایران
- 6- Shadizadeh, S, R .Rashtchian, D . Moradi, S. (2006). “Simulation of Experimental Gas-Recycling Experiments in Fractured Gas/Condensate Reservoirs” SPE Gas Technology Symposium, 15-17 May, Calgary, Alberta, Canada
- 7- Moradi, B and Tangsirifard, J. (2010). “Effect of Gas Recycling on the Enhancement of Condensate Recovery in an Iranian Fractured Gas/Condensate Reservoir” Trinidad and Tobago Energy Resources Conference, 27-30 June, Port of Spain, Trinidad.