

مطالعه آزمایشگاهی اثرات انحلال گاز تزریقی میدان فروزان در میدان نفتی سروش

اصغر قبادی دیزج یکان^۱، زینب عالیشوندی^۲

۱- دانش آموخته کارشناس ارشد زمین شناسی نفت، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
۲- دانشجوی دکتری تخصصی سنگ شناسی رسوبی، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۴/۲۹

چکیده

میدان نفتی سروش در شمال غربی خلیج فارس و ۸۰ کیلومتری جزیره خارک قرار گرفته است و سازند ماسه سنگی بورگان سنگ مخزن آن را تشکیل می دهد. در این پژوهش با انجام تعداد ۶ آزمایش، اثر تزریق و انحلال گاز سازند بورگان میدان فروزان در میزان تورم نمونه نفت اشباع شده میدان نفتی سروش در فشارهای مختلف و در دمای مخزن سروش (۱۸۰ درجه فارنهایت)، در داخل دستگاه سلول PVT مورد اندازه گیری قرار گرفته است. براساس نتایج آنالیز، با افزایش فشار در دمای ثابت درجه فارنهایت ۱۸۰ درصد میزان تورم بطور قابل توجهی افزایش یافته است، این افزایش میزان تورم، باعث کاهش گرانیوی نفت و بالا رفتن ضریب حجمی نفت شده که در نهایت، انجام این فرایند به صورت صنعتی در ازدیاد برداشت از مخزن و بالا بردن ضریب بازیافت تاثیر زیادی خواهد گذاشت. حداکثر میزان تورم نفت میدان سروش بواسطه تزریق گاز لایه بورگان میدان فروزان در فشار ۴۵۰۰ پام نسبی (psig) معادل ۲۸/۵۶ درصد و حداقل میزان تورم در فشار ۱۰۰۰ پام نسبی معادل ۴/۷۹ درصد در دمای مخزن بدست آمده است.

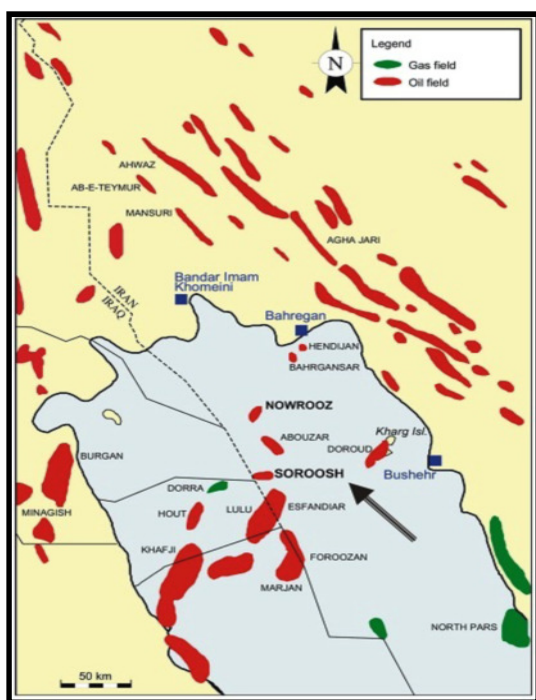
واژگان کلیدی: میدان نفتی سروش، تزریق گاز، انحلال گاز، تورم، گرانیوی نفت

مقدمه

یال های شرقی و غربی آن دارای شیب تند می باشد. میدان سروش حاوی نفت سنگین بوده و زیر فشار اشباع (Under Saturated) قرار دارد، یعنی فشار مخزن از فشار نقطه حباب نفت (Bubble point) بالاتر است [4]، بنابراین با فرآیند تزریق گاز به مرور زمان مقداری از آن در نفت مخزن حل می شود.

میدان نفتی سروش در سال ۱۹۶۲ میلادی کشف شد و با حفر اولین چاه (well S-2) با تولید روزانه حداکثر ۱۴ هزار بشکه نفت از لایه مخزنی ماسه سنگی بورگان - ب (Burgan-B) به مرحله بهره برداری رسید. این میدان در شمال غربی خلیج فارس و فاصله ۸۰ کیلومتری جنوب غربی جزیره خارگ واقع شده است (شکل ۱) و از نظر ساختاری طاقدیسی است که

آغاچاری، کرنج، رامشیر (تزیق امتزاجی)، گچساران هفتکل، کوپال، مارون، لفسفید، دارخوین و درود. با توجه به اهمیت موضوع صیانت از مخازن برداشت بهینه از مخازن هیدروکربوری، در این مقاله به بررسی آزمایشگاهی اثر تزیق و انحلال گاز به عنوان یکی از روش های ازدیاد برداشت پرداخته می شود. فعالیت مطالعاتی تزیق گاز به میدان سروش با هدف حفظ و افزایش ضریب بازیافت نفت خام این میدان انجام می شود تا در صورت مثبت بودن نتایج حاصله جهت عملیاتی شدن صنعتی پیشنهاد گردد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان نفتی سروش [5]

بحث

از دید زمین شناسی نفت مخزن، یکی از اهداف اصلی بکارگیری روش های تشدید بازیافت، نگهداری یا ایجاد دوباره فشار اولیه مخزن است تا میزان هیدروکربور قابل تولید افزایش یابد [۲].

در صنعت نفت و اقتصاد کلان کشور، صیانت از منابع و ذخایر هیدروکربوری به عنوان یکی از ضروریات مهم و استراتژیک مطرح است و یکی از اولویت های مهم شرکت ملی نفت ایران در چارچوب اهداف کیفی این شرکت به شمار می رود.

در مباحث مهندسی نفت استفاده از روش های ازدیاد برداشت به لحاظ لزوم بهره برداری حداکثری از ذخیره مخزن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یافتن روش بهینه برای افزایش بازیافت نفت از مخازن، نیازمند انجام مطالعات جامع و سپس اعمال روش مناسب است. در کشور ما با توجه به شرایط موجود، تزیق گاز به مخازن نفتی برای بازیافت بیشتر نفت مخازن کشور مناسب تشخیص داده شده است.

تزیق گاز مخلوط نشدنی (تزیق در کلاهدک گازی) در مخازن دارای تراوایی عمودی خوب، ضخیم یا پرشیب و تزیق گاز مخلوط شدنی با فشار بالا به نفت درون مخزن در مخازن زیر اشباع اجرا می شود [۱].

در فرآیند تزیق گاز توجه به عوامل کنترل کننده ازدیاد برداشت و ترتیب قرارگیری چاه های تولید و تزیق نسبت به یکدیگر ضروری می باشد و با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخزن، می بایست تزیق گاز با حجم و ترکیبی مناسب و در زمان مقتضی انجام پذیرد، که این امر نیازمند مطالعات جامع آزمایشگاهی می باشد [8].

تاکنون مطالعات جامع آزمایشگاهی به منظور تزیق گاز به مخازن نفتی میادین مختلف کشور انجام شده است و در حال حاضر تزیق گاز در ۱۳ میدان نفتی واقع در خشکی و دریا صورت می گیرد، که عبارتند از میادین بی بی حکیمه، پارسی، پازنان (بازگردانی گاز)

به منظور فهم و پیش بینی رفتار حجمی مخازن نفت و گاز و یا عملکرد متقابل آن ها به صورت تابعی از فشار دانستن خواص فیزیکی سیالات مخزنی و برآورد مقادیر آن ها الزامی است. این خواص فیزیکی به طور مستقیم از روش های آزمایشگاهی و یا از طریق روابط ریاضی به دست می آید [9].

در شرایطی که فشار اولیه مخزن از فشار نقطه حباب (Bubble point) سیال مخزن بیشتر باشد، مخزن زیر اشباع (Under Saturated) نامیده می شود. در چنین حالتی با تزریق گاز، به مرور زمان مقداری از آن در نفت مخزن حل می شود، که میزان حلالیت گاز طبیعی در نفت خام به شدت تابع فشار، دما و شاخص API نفت خام و وزن مخصوص گاز خواهد بود [7].

معمولاً حل شدن گاز در نفت مخزن موجب بالا رفتن فشار نقطه حباب، کاهش گرانیوی، کاهش دانسیته نفت، زیاد شدن حجم نفت و بالا رفتن ضریب حجمی نفت (oil volume factor) می گردد که در نهایت به تشدید بازیافت از مخزن تأثیر زیادی می گذارد [3].

لازم به توضیح است که نقطه حباب نقطه ای است که در آن با یک افت فشار کم (در دمای ثابت) یا افزایش دمای کم (در فشار ثابت)، اولین حباب گاز ظاهر می شود و فشار مربوط به نقطه حباب، فشار حباب نامیده می شود. گرانیوی نفت خام به عنوان مقاومت درونی سیال در برابر جریان یافتن محسوب می شود و به شدت تابع دما، فشار، وزن مخصوص گاز محلول و حلالیت گاز می باشد، که در شرایط فشار و دمای مخزن تعیین می شود، همچنین دانسیته نفت خام به عنوان جرم یک واحد حجم از نفت در فشار و دمای مشخص تعریف می شود. ضریب

حجمی نیز به صورت نسبت حجم نفت (به علاوه گاز محلول در آن) در شرایط و دمای مخزن به حجم نفت در شرایط استاندارد تعریف می شود [6].

میدان نفتی سروش حاوی نفت سنگین بوده و زیر فشار اشباع قرار دارد. بنابراین برای صیانت از مخزن و ازدیاد برداشت و بهره برداری بیشتر از نفت مخزن می توان از روش تزریق گاز مخلوط نشدنی استفاده نمود به همین منظور در این مطالعه آزمایشگاهی اثرات انحلال گاز تزریقی میدان فروزان (لایه ب سازند بورگان) به نمونه نفت میدان نفتی سروش در سلول PVT Cell) در فشارهای ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ پام نسبی و در دمای مخزن (۱۸۰ درجه فارنهایت) مورد بررسی قرار گرفته است تا در صورت نتیجه بخش بودن به صورت صنعتی اجراء شود.

روش کار

در این مطالعه آزمایشگاهی که در پژوهشگاه صنعت نفت به انجام رسیده است، به منظور بررسی اثرات انحلال گاز تزریقی میدان فروزان (لایه بورگان) در نفت میدان سروش، در مرحله اول نمونه نفت میدان سروش، با مخلوط نمودن نمونه گاز و نفت تفکیک کننده سرچاهی با نسبت نفت به گاز ۹۰ فوت مکعب استاندارد به حجم بشکه استاندارد (90 SCF/STB) (GOR: تهیه شد. فشار نقطه حباب این نفت در دمای مخزن (180°F) معادل ۵۱۶ پام نسبی، ضریب حجمی در فشار نقطه حباب معادل ۱/۰۹۰۰ بشکه مخزن به حجم بشکه استاندارد (1/0900 RB/STB) درجه سبکی نفت (API) بدون گاز آن ۲۰/۷۵ درجه و گرانیوی نفت بدون گاز معادل ۱۹/۵ سانتی پویز (CP) اندازه گیری شده است.

بواسطه گاز کروماتوگراف تعیین گردید. میزان تورم نفت مخزن سروش، نسبت گاز به نفت، ضریب حجمی

نفت و گرانیروی در هر فشار و دمای مخزن اندازه‌گیری و محاسبه گردید که نتایج آن در جداول شماره ۳ و ۴ ملاحظه می‌گردد. نتایج تجزیه گاز در فشارهای مختلف و دمای مخزن در جدول شماره ۵ ذکر شده است. منحنی تغییرات اجزای متشکله گازها در فشارهای مختلف و دمای مخزن در شکل شماره ۲ آورده شده است. گرانیروی (Viscosity) نفت مخزن سروش در بالای فشار نقطه حباب در دمای مخزن و در فشارهای مختلف (فشارهای ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ پام نسبی) با استفاده از دستگاه ویسکومتر DBR اندازه‌گیری گردید. همچنین گرانیروی نفت اشباع شده مخزن سروش با گاز لایه بورگان میدان فروزان در فشارهای فوق‌الذکر و دمای مخزن اندازه‌گیری گردید. جدول شماره ۴ مقادیر اندازه‌گیری شده گرانیروی نفت مخزن سروش و نفت اشباع شده در فشارهای مختلف و دمای مخزن را نشان می‌دهد. همچنین با دانستن درصد اجزای متشکله نفت بدون گاز مخزن سروش، درصد انحلال اجزا گاز و نسبت گاز به نفت، در تجزیه کامل نمونه نفت اشباع شده، مشخص گردید که نتایج آن همراه با تجزیه کامل نفت مخزن در جدول شماره ۲ ذکر گردیده است.

آزمایش های انحلال گاز در نفت، با استفاده از نمونه گاز لایه بورگان میدان فروزان با ۸۲/۴۱۳ درصد مولی متان انجام گرفت. نتایج تجزیه کامل این گاز در جدول شماره ۱ آمده است. لازم به ذکر است که این گاز شیرین بوده و عاری از هیدروژن سولفور می‌باشد.

نتایج تجزیه کامل نفت مخزن (Reservoir Oil) میدان سروش نیز که در آزمایش های انحلال گاز مورد استفاده قرار گرفت در جدول شماره ۲ به همراه نتایج تجزیه کامل نفت اشباع شده با گاز لایه بورگان میدان فروزان در فشارهای ۱۰۰۰ الی ۴۵۰۰ پام نسبی و دمای $F^{\circ} 180$ ارائه شده است.

به منظور اندازه‌گیری میزان تورم (Swelling) نفت مخزن سروش در اثر تزریق گاز لایه بورگان میدان فروزان، مقدار معینی نمونه نفت مخزن سروش به یک سیلندر با حجم مشخص محتوی گاز لایه بورگان میدان فروزان، تحت فشار زیر ۱۰۰۰ پام نسبی و دمای محیط اضافه گردید و سپس با تزریق جیوه فشار نمونه به فشار آزمایش در دمای محیط رسانیده شد. پس از تکان دادن کافی و اطمینان از اینکه دیگر در این فشار، گاز به صورت انحلال وارد نمونه نفت نمی‌شود، مقدار گاز اضافی خارج شد. در نهایت افزایش حجم نفت مخزن سروش بواسطه حل شدن گاز لایه بورگان میدان فروزان محاسبه گردید. در مرحله بعد مقدار معینی از نفتی که گاز لایه بورگان میدان فروزان در آن کاملاً حل شده بود به داخل دستگاه PVT منتقل گردید و دمای آن به $F^{\circ} 180$ رسانیده شد و با خارج کردن گازهای آزاد شده بواسطه گرم کردن، فشار آن در فشار آزمایش تثبیت گردید. در طول آزمایش حجم گازهای خروجی مرتباً اندازه‌گیری شد و درصد اجزای متشکله آن

مطالعه آزمایشگاهی اثرات انحلال گاز تزریقی میدان فروزان در میدان نفتی سروش

جدول ۱- نتایج تجزیه گاز لایه بورگان (Burgan) میدان فروزان

NO.	COMP.	Mole%	Wt %
1	N2	0.504	0.687
2	C1	82.413	64.222
3	CO2	0.570	1.222
4	C2	8.786	12.837
5	C3	3.864	8.281
6	IC4	0.707	1.997
7	NC4	1.441	4.071
8	IC5	0.505	1.771
9	NC5	0.638	2.237
10	C6+	0.572	2.674
SUM	-	100	100

جدول ۲- نتایج تجزیه کامل نفت مخزن سروش و نفت اشباع شده با گاز لایه بورگان میدان فروزان در فشارهای ۱۰۰۰ الی ۴۵۰۰ پام نسبی و دمای ۱۸۰ درجه فارنهایت

Well Stream Composition	Composition of saturated Soroosh Reservoir oil						Reservoir Oil GOR=90
	p=1000 Psig	p=1500 Psig	p=2000 Psig	p=2500 Psig	p=3500 Psig	p=4500 Psig	
	GOR=190	GOR=302	GOR=380	GOR=503	GOR=567	GOR=738	
N2	0.25	0.354	0.412	0.463	0.464	0.552	0.141
C1	15.305	23.86	28.928	34.915	40.665	46.914	8.664
Co2	0.245	0.443	0.5	0.545	0.58	0.586	0.138
C2	5.722	6.408	6.423	6.999	6.864	7.313	3.239
C3	5.648	4.946	5.177	5.113	4.815	4.553	3.342
iC4	0.894	0.917	0.93	0.98	0.939	0.981	0.606
NC4	2.816	3.118	3.13	3.167	2.251	2.339	2.275
iC5	1.261	1.456	1.452	1.435	1.139	0.973	1.224
NC5	1.634	1.859	1.858	1.843	1.283	1.113	1.676
C6	2.884	3.09	2.845	2.619	1.791	1.244	2.995
C7	3.864	3.267	2.95	2.558	2.392	2.04	4.618
C8	4.572	3.865	3.49	3.026	2.83	2.413	5.464
C9	3.749	3.169	2.861	2.481	2.32	1.979	4.48
C10	3.186	2.693	2.431	2.108	1.972	1.681	3.807
C11	2.911	2.461	2.222	1.927	1.802	1.537	3.479
C12	2.401	2.03	1.833	1.589	1.486	1.267	2.87
C13	2.537	2.144	1.936	1.679	1.57	1.339	3.031
C14	2.05	1.733	1.565	1.357	1.269	1.082	2.45
C15	1.688	1.427	1.288	1.117	1.045	0.891	2.017
C16	1.179	0.997	0.9	0.78	0.73	0.622	1.409
C17	0.535	0.452	0.408	0.354	0.331	0.282	0.639
C18	0.259	0.219	0.198	0.172	0.161	0.138	0.31
C19+	34.409	29.091	26.263	22.773	21.3	18.162	41.126
Total:	100	100	100	100	100	100	100

جدول ۳- مقایسه خواص نمونه نفت مخزن سروش و نمونه نفت اشباع شده برای آزمایشات تورم در فشارهای ۴۵۰۰ الی ۱۰۰۰ پام نسبی و دمای ۱۸۰ درجه فارنهایت

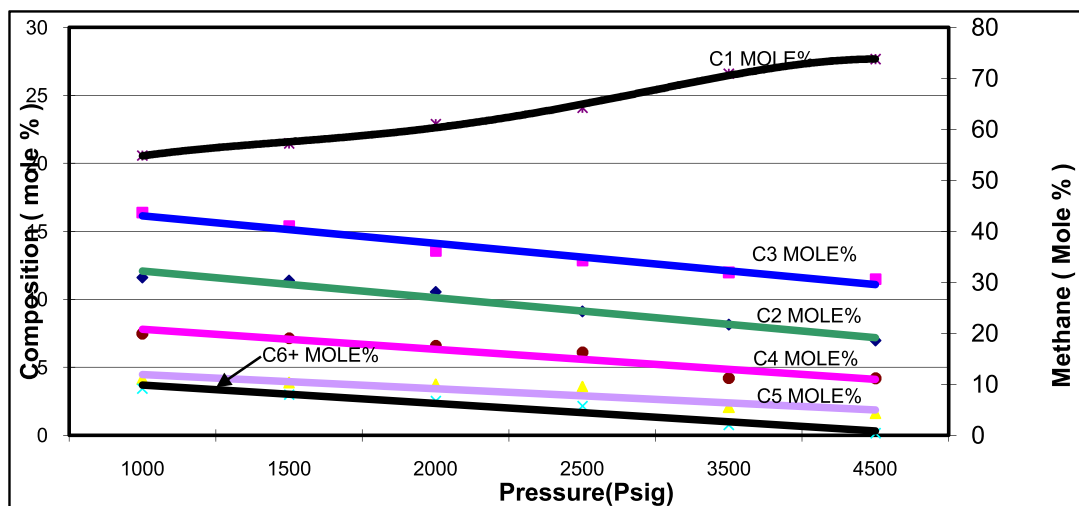
pressure (Psig)	Swelling%	GOR (SCF/STB)	OVF(RB/STB) at room temp. ($\approx 80^{\circ}\text{F}$)	OVF(RB/STB) (180°F)	Viscosity (cp)
4500	28.56	738	1.3168	1.3722	3.395
3500	16.84	567	1.2405	1.3113	5.594
2500	11.11	503	1.2039	1.2720	7.190
2000	8.64	380	1.1967	1.2585	8.121
1500	6.52	302	1.1316	1.2071	8.902
1000	4.79	190	1.102	1.1540	9.664
Soroosh Reservoir Oil	-	90	-	1.0900*	11.435*

جدول ۴- مقایسه مقادیرگرانروی نمونه نفت اشباع شده مخزن سروش با استفاده از گاز لایه بورگان میدان فروزان با گرانروی نفت مخزن سروش، در فشارهای مختلف و دمای ثابت (۱۸۰ درجه فارنهایت)

Pressure (Psig)	Viscosity of reservoir oil (cp)	Viscosity of swelled oil (cp)
4500	17.010	3.395
3500	15.680	5.594
2500	14.320	7.190
2000	13.510	8.121
1500	12.680	8.902
1000	11.930	9.664

جدول ۵- تجزیه گاز حاصل از آزمایش اندازه گیری GOR برای نمونه نفت اشباع شده میدان سروش با گاز لایه بورگان میدان فروزان در فشارهای مختلف و دمای ۱۸۰ درجه فارنهایت

COMP.	1000	1500	2000	2500	3500	4500
N2	0.901	0.849	0.870	0.852	0.809	0.868
C1	54.920	57.247	61.096	64.247	70.971	73.776
CO2	1.086	1.062	1.056	1.003	1.012	0.922
C2	16.405	15.375	13.565	12.878	11.980	11.500
C3	11.608	11.399	10.562	9.127	8.154	6.969
iC4	1.904	1.876	1.709	1.614	1.467	1.410
nC4	5.577	5.286	4.867	4.510	2.760	2.780
iC5	2.060	1.849	1.760	1.653	1.113	0.857
nC5	2.088	2.037	1.999	1.936	0.949	0.759
C6+	3.451	3.019	2.516	2.181	0.785	0.158
SUM	100.00	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000



شکل ۲- تغییرات در صد مولی C1, C2, C3, C4, C5 و C6+ در گاز همراه نفت اشباع شده مخزن سروش با گاز لایه بورگان میدان فروزان در فشارهای مختلف و دمای مخزن (۱۸۰ درجه فارنهایت)

نتیجه گیری

- با افزایش فشار در دمای ثابت ۱۸۰ درجه فارنهایت درصد میزان تورم بواسطه تزریق گاز لایه بورگان میدان فروزان بطور قابل توجهی افزایش می یابد.

- در اثر انحلال گاز لایه بورگان میدان فروزان در نفت میدان سروش نسبت گاز به نفت از ۹۰ SCF/STB به ۷۳۸ در فشار ۴۵۰۰ پام نسبی و دمای مخزن افزایش یافت.

- در اثر انحلال گاز لایه بورگان میدان فروزان در نفت میدان سروش گر انرژی نفت میدان سروش قبل از اشباع با گاز لایه بورگان میدان فروزان در فشارهای ۴۵۰۰ و ۳۵۰۰ و ۲۵۰۰ پام نسبی و دمای مخزن معادل به ترتیب ۱۷/۰۱۰ سانتی پویز (CP) و ۱۵/۶۸۰ CP و ۱۴/۳۲۰ CP بوده که پس از اشباع این مقادیر به ترتیب به ۳/۳۹۵ CP و ۵/۵۹۴ CP و ۷/۱۹۰ CP کاهش یافت.

بر اساس آزمایشات اندازه گیری میزان تورم (Swelling) نمونه نفت اشباع شده میدان سروش بوسیله تزریق گاز لایه بورگان میدان فروزان در فشارهای ۴۵۰۰، ۳۵۰۰، ۲۵۰۰، ۲۰۰۰، ۱۵۰۰، ۱۰۰۰ پام نسبی در داخل دستگاه سلول PVT و در دمای مخزن سروش (۱۸۰ درجه فارنهایت) نتایج زیر حاصل گردید. (تمام خواص و مشخصات نفت های اشباع شده که در این مطالعه ذکر شده است برای حالتی است که حداکثر ممکن گاز مورد نظر در نفت میدان سروش حل شده باشد):

- حداکثر میزان تورم نفت میدان سروش در فشار ۴۵۰۰ پام نسبی معادل ۲۸/۵۶ درصد و حداقل میزان تورم در فشار ۱۰۰۰ پام نسبی معادل ۴/۷۹ درصد در دمای مخزن بدست آمد.

- 3- Dake, L.P., 1994, Fundamentals of Reservoir Engineering Oil-well testing, chapter 4, in the practice of reservoir engineering: Elsevier, Amsterdam, Developments in Petroleum Science, No. 36, 462p.
- 4- Ghazban, F., (2007). Petroleum Geology of the Persian Gulf. University of Tehran and National Iranian Oil Company publishing, 707P.
- 5- Maghsoodi, M., (2003). Zagros structural index map, national Iranian oil company, exploration directorate, geology division.
- 6- Mc Cain, W.D., (1990). The properties of petroleum fluids, 2nd ed. Tulsa, penn well publishing co., 596 p.
- 7- Robert N., Hatton and Ken Potter., (2011) Optimization of Gas-Injected Oil Wells, SAS Global Forum 2011, Huntsville, AL, U.S. pp.195-2011.
- 8- Salama, D and Kantzas, A., (2005) Experimental Observation of Miscible Displacement of Heavy Oils with Hydrocarbon Solvents, Paper SPE 97854, International Thermal Operations and Heavy Oil Symposium, pp.76-87.
- 9- Tarek Ahmed., (2007) Equations of State and PVT Analysis Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 551p.

- براساس نتایج بدست آمده، حل شدن گاز در نفت مخزن موجب زیاد شدن حجم نفت یا افزایش میزان تورم (Swelling)، کاهش گرانروی، بالا رفتن ضریب حجمی نفت و کاهش دانسیته نفت گردیده است که این امر با عملی شدن به صورت صنعتی، در نهایت به ازدیاد برداشت از مخزن کمک شایانی می نماید.

قدردانی

از باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران به خاطر مساعدت علمی و مالی و از مدیریت محترم خدمات ویژه حفاری و اداره زمین شناسی شرکت ملی حفاری ایران به دلیل ارائه فرصت مطالعاتی صمیمانه سپاسگزاری می شود.

منابع

- ۱- رضایی، م.ر.، (۱۳۸۵)، زمین شناسی نفت، نشر علوی، تهران ۴۷۲ ص. ۲- مدبری، س.، (۱۳۸۴)، زمین شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۵۴۶ ص.
- ۲- مدبری، س.، ۱۳۸۴، زمین شناسی نفت، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۵۴۶ ص.