



# بررسی آثار تزریق گاز بر خصوصیات سیال مخزن در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران

علی اصغر قاسمی نژاد<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی مخازن، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب  
مصطفی امیری<sup>۲</sup> کارشناس ارشد مهندسی مخازن، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

چکیده

در این تحقیق اطلاعات آزمایش های فشار، حجم و دمای قبل و بعد از شروع تزریق گاز در یکی از میادین اشباع شده جنوب غرب کشور جمع آوری و آثار تزریق گاز بر خصوصیات سیال مخزن بررسی شد. مقایسه ترکیب درصد نفت میدان قبل و بعد از تزریق گاز نشان می دهد که عمدتاً تغییر چندانی نداشته و در برخی موارد کمی سبک تر شده است که می توان به حل شدن مقداری از اجزای سنگین گاز در نفت نسبت داد. نمونه گرفته شده از گاز کلاهدک هشت سال بعد از تزریق، مؤید سبک شدن کلاهدک گازی و دلیل آن سبکی گاز تزریقی به مخزن است. خصوصیات سیال مخزن نیز تغییری نکرده و در گستره مخزن یکسان بوده است. فشار اشباع سیال تا قبل از تزریق کاهش یافته، اما با شروع تزریق گاز فشار اشباع نیز مانند فشار مخزن تثبیت شده است. فشار اشباع قدیم بخش ۹ میدان از سایر بخش ها، بالاتر و دلیل آن عدم تولید از این بخش تا آن زمان بوده، اما فشار اشباع کنونی این بخش با سایر بخش های میدان یکسان است. یکسان بودن خصوصیات سیال در طول صدها متر ستون نفت میدان، فعالیت پدیده همرفت را در میدان نشان می دهد.

واژه های کلیدی: ضریب حجمی، گاز محلول، ضریب تراکم پذیری، وزن مخصوص، فشار اشباع، همرفت

## مقدمه

می شود که این امر ممکن است به دلیل حل شدن گاز درون نفت یا جدا شدن تعدادی از اجزای سبک تر از نفت باشد. همچنین بر اثر تزریق گاز ممکن است تغییراتی در ترکیب گاز کلاهدک پدید آید که این امر از ترکیب گاز تزریقی و همچنین حل شدن گاز کلاهدک در نفت متأثر است. بررسی نتایج حاصل از آزمایش های فشار، حجم و دمای نمونه های گرفته شده قدیمی و جدید از چاه های میدان نشان می دهد که ترکیب نفت مخزن تغییر چندانی نداشته یا کمی سبک تر شده است. در شکل ۱ متوسط درصد مولی  $C_1$ ،  $C_2-C_p$  و  $C_p^+$  در سیال، قبل و بعد از تزریق گاز با هم مقایسه شده اند و نشان می دهد، ترکیب نفت مخزن در ۴۰ سال تولید تغییری نکرده است. تزریق گاز در میدان با تثبیت و افزایش فشار گاز و نفت مخزن مانع از جدا شدن ترکیبات سبک تر از نفت می شود و در نتیجه از سنگین شدن نفت مخزن بر اثر تولید جلو گیری می کند.

## ۱-۲- ترکیب گاز کلاهدک

چاه مشاهده ای گاز شماره ۱۳ مربوط به بخش ۸ مخزن آسماری است. دو نمونه گاز گنبدی از این چاه گرفته شده که یک نمونه، مربوط به قبل از تزریق گاز در سال ۱۹۶۹ و دیگری در سال ۱۹۸۶، یعنی هشت سال پس از شروع تزریق گاز است. مقایسه آنالیز نمونه های گازی نشان می دهد، در این مدت درصد مولی جزء  $C_1$  از ۸۶ به ۸۸ درصد، افزایش

میدان مورد نظر در جنوب غرب ایران و در ۶۵ کیلومتری شمال خلیج فارس قرار دارد. تولید نفت از آن ۱۳۱۶، شروع و تاکنون حدود ۹/۹۳ میلیارد بشکه نفت از میدان تولید شده است. این میدان مجموعه ای از مخازن آسماری، بنگستان و خامی است و به نه بخش تقسیم شده که بخش ۹ به دلیل گسل خوردگی از ناحیه کلاهدک از سایر بخش ها مجزا شده است. پروژه تزریق گاز میدان از سال ۱۳۵۶ آغاز و تاکنون حدود ۹/۸ میلیارد فوت مکعب گاز در میدان تزریق شده که باعث تثبیت فشار نفت و افزایش فشار گاز مخزن، به استثنای بخش ۹ شده است. قبل از شروع تزریق گاز بر نمونه های گرفته شده از چاه های ۷، ۲۳، ۲۸، ۳۱، ۳۶، ۳۴ و ۴۹ آزمایش های فشار، حجم و دما، انجام و در سال های ۲۰۳، ۲۰۴، ۳۱۹، ۳۱۵، ۲۹۵، ۲۱۴ و ۳۴۲ نمونه گیری و تست شده است. در سال ۱۳۸۰ مطالعه ای روی خواص سیال میدان انجام شده که نتایج آن با این گزارش همخوانی دارد، اما در مطالعه ذکر شده به دلیل در دست نبودن اطلاعات جدید، مقایسه ای بین سیال فعلی و سیال قبل از تزریق گاز انجام نشده است.

## ۱-۱- ترکیب سیال مخزن

### ۱-۱-۱- ترکیب نفت مخزن

ترکیب گاز و نفت مخزن بر اثر تزریق گاز و تولید دچار تغییراتی

## ۲- تغییر خواص سیال مخزن بر اثر تولید نفت و تزریق گاز

بررسی و مقایسه خصوصیات سیال بین آزمایش‌های فشار، حجم و دمای، بر نمونه‌های قدیم و جدید میدان مشخص می‌کند، خصوصیات سیال مخزن در زمان تولید تغییری نداشته است. در ادامه خواص سیال

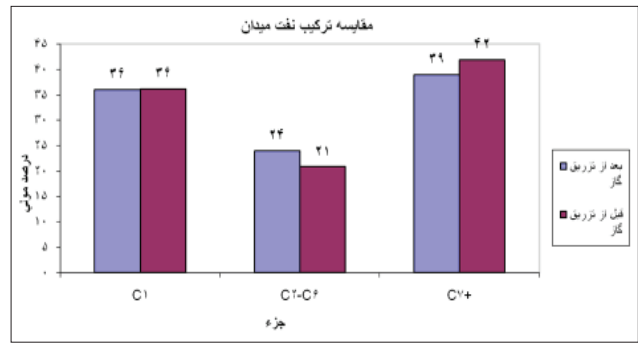
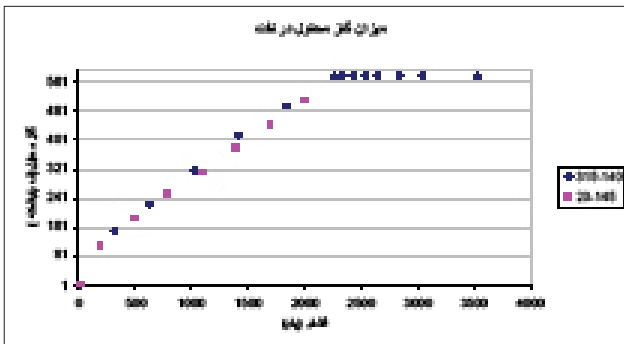
و درصد مولی جزءهای  $C_p-C_p$  حدود دو درصد کاهش یافته، اما درصد مولی جزءهای  $C_v^+-C_p$  بدون تغییر است. این امر نشان می‌دهد، کلاهدک گازی در حال سبک شدن است. شکل ۲ مقایسه درصد مولی جزءهای مختلف بین دو نمونه را نشان می‌دهد.

جدول ۲ | اطلاعات آزمایش‌های فشار، دما و حجم در چاه‌های ۴۹ و ۲۹۵

شماره چاه	۲۹۵	۴۹
تاریخ آزمایش	فروردین ۱۳۸۷	شهریور ۱۳۴۹
متوسط عمق تولید (م زس د)	۲۲۰۰	۱۸۳۸
دمای آزمایش (فارنهایت)	۱۷۰	۱۶۰
بخش	۱	۳

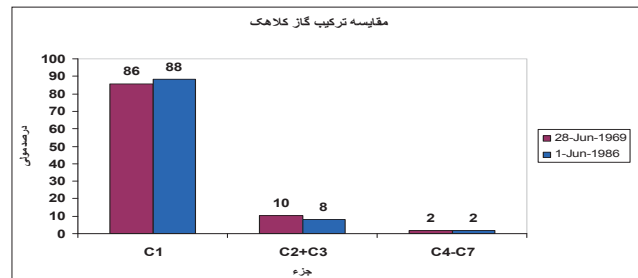
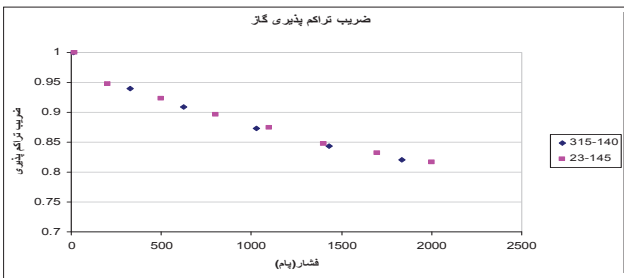
جدول ۱ | اطلاعات آزمایش‌های فشار، دما و حجم در چاه‌های ۲۳ و ۳۱۵

شماره چاه	۳۱۵	۲۳
تاریخ آزمایش	مرداد ۱۳۸۶	شهریور ۱۳۵۱
متوسط عمق تولید (م زس د)	۲۱۹۱	۱۹۹۶
دمای آزمایش (فارنهایت)	۱۴۰	۱۴۵
بخش	۲	۷



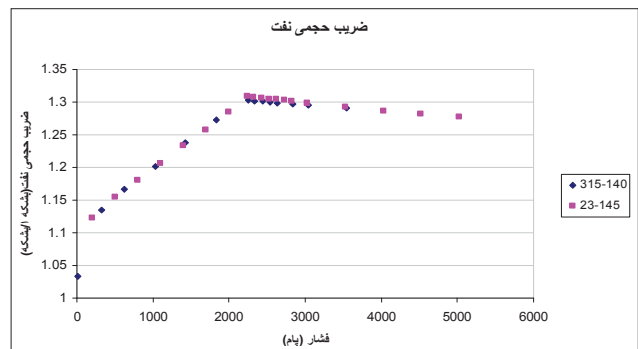
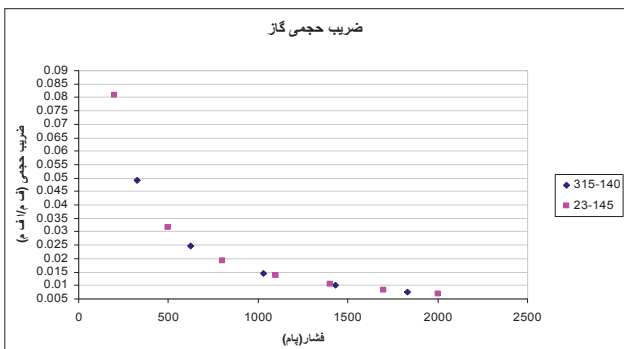
شکل ۴ | مقایسه میزان گاز محلول در نفت بین چاه‌های ۲۳ و ۳۱۵

شکل ۱ | مقایسه ترکیب نمونه‌های نفت جدید و قدیم میدان



شکل ۵ | مقایسه ضریب تراکم‌پذیری گاز بین چاه‌های ۲۳ و ۳۱۵

شکل ۲ | مقایسه ترکیب گاز کلاهدک قبل و بعد از تزریق گاز



شکل ۶ | مقایسه ضریب حجمی گاز بین چاه‌های ۲۳ و ۳۱۵

شکل ۳ | مقایسه ضریب حجمی نفت بین چاه‌های ۲۳ و ۳۱۵



قدیم و جدید مقایسه شده‌اند.

چاه ۳۱۵ در بخش ۲ میدان واقع است که عمق ورود آن به مخزن آسماری ۱۹۹۶م زس د (متر زیر سطح دریا) چاه ۲۳ در بخش ۷ میدان و عمق ورود آن به مخزن آسماری ۱۷۶۰م زس د و فاصله دو چاه حدود ۵۰ کیلومتر است. مقایسه خصوصیات سیال دو چاه در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان می‌دهد، خصوصیات سیال مخزن طی مدت ۳۵ سال تغییری نکرده و البته نمونه چاه ۲۳، قبل از تزریق و نمونه چاه ۳۱۵، بعد از تزریق گرفته شده است.

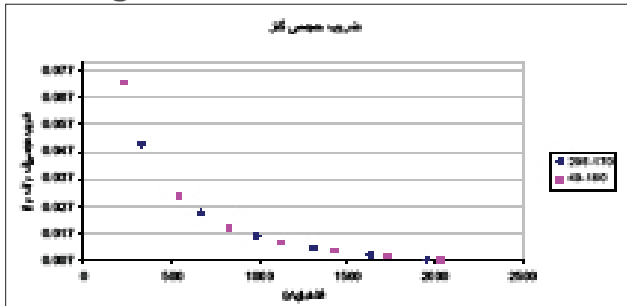
چاه ۲۹۵ در بخش ۱ مخزن آسماری قرار دارد و به تازگی آزمایش‌های فشار، حجم و دما روی نمونه نفت آن انجام شده است. با مقایسه خصوصیات سیال این چاه با چاه ۴۹ که در بخش ۳ قرار دارد، می‌توان پی برد، خواص سیال مخزن تغییری نداشته و نمودارهای ۷ تا ۱۲

نیز مؤید این مطالب است.

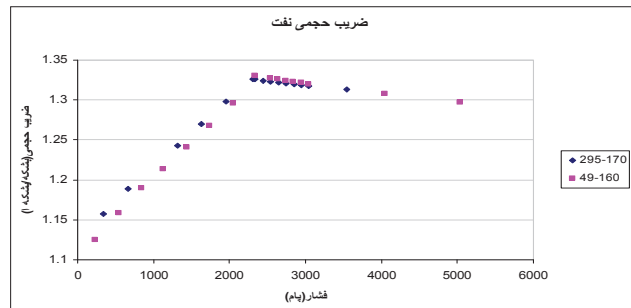
به‌طور کلی با مقایسه داده‌های آزمایش‌های فشار، حجم و دمای نمونه‌های قدیم و جدید میدان نتیجه می‌گیریم، خواص سیال مخزن تغییر چندانی نکرده است. این امر می‌تواند از آثار تزریق گاز در مخزن ناشی شود که مانع از جداسدن ترکیبات سبک از نفت و در نتیجه مانع از سنگین شدن نفت، بر اثر تولید است.

### ۳- بررسی تغییر خواص سیال در گستره میدان

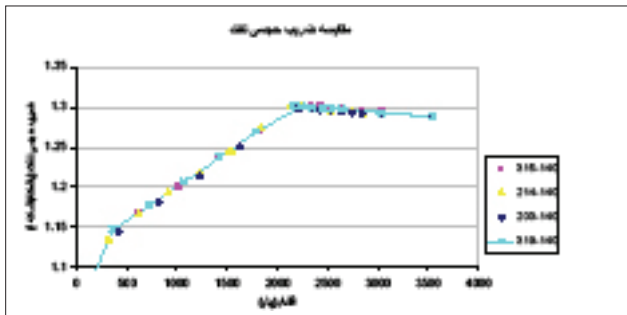
عملکرد مخزن آسماری نشان داده است، شرق و غرب مخزن ارتباط افقی خوبی دارند؛ حتی بخش ۹ مخزن هم که به دلیل گسل خوردگی از بقیه مخزن جدا شده، با بقیه مخزن ارتباط محدودی دارد و بر این سخن تأکید می‌کند که کاهش فشار بخش ۹، بدون هیچ تولیدی در



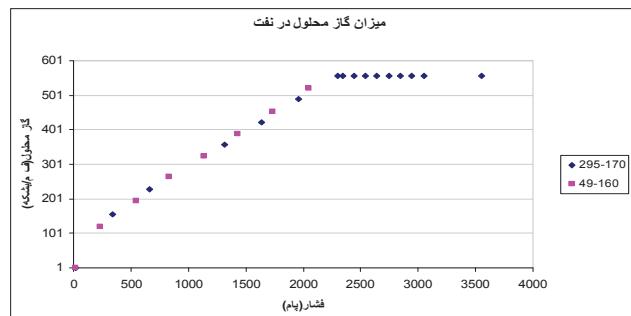
شکل ۶ | مقایسه ضریب حجمی گاز بین چاه‌های ۲۹۵ و ۴۹



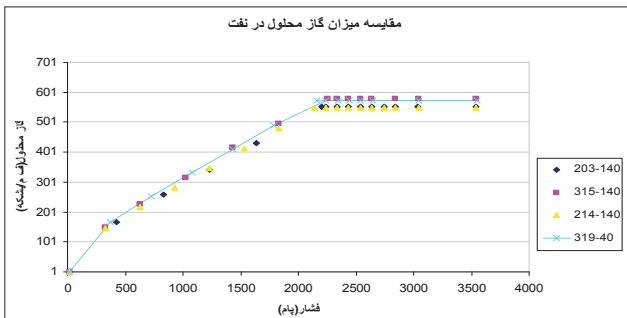
شکل ۷ | مقایسه ضریب حجمی نفت بین چاه‌های ۲۹۵ و ۴۹



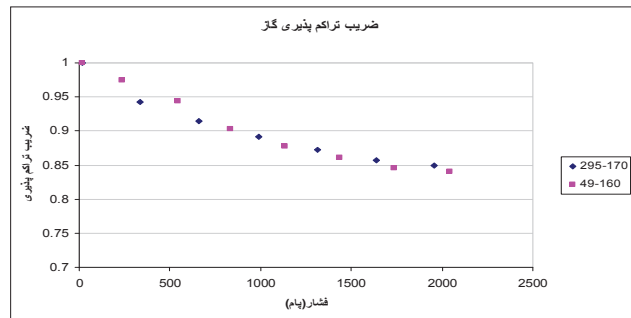
شکل ۸ | مقایسه ضریب حجمی نفت بین چاه‌های ۲۹۵، ۴۹، ۲۰۳، ۳۱۵، ۲۱۴ و ۳۱۹



شکل ۹ | مقایسه میزان گاز محلول در نفت بین چاه‌های ۲۹۵ و ۴۹



شکل ۱۰ | مقایسه میزان گاز محلول در نفت بین چاه‌های ۲۰۳، ۳۱۵، ۲۱۴ و ۳۱۹



شکل ۱۱ | مقایسه ضریب تراکم‌پذیری گاز بین چاه‌های ۲۹۵ و ۴۹

نشان می‌دهند، خصوصیات سیال مخزن از شرق به غرب تفاوتی ندارد. حتی خصوصیات سیال چاه ۳۱۹ در بخش ۹ میدان نیز به خوبی با سه چاه دیگر تطابق دارد و نشان می‌دهد نفت بخش ۹ با سایر بخش‌ها در ارتباط است.

#### ۴- بررسی فشار اشباع سیال میدان

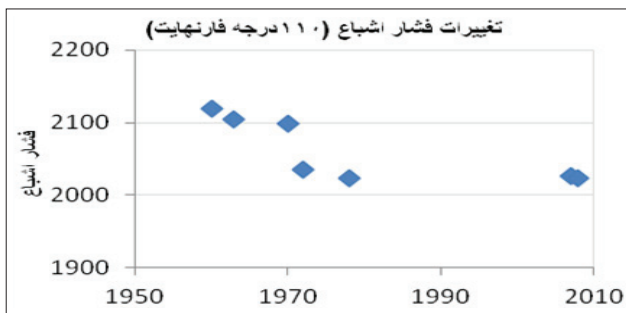
شکل ۱۶ نشان می‌دهد، فشار اشباع سیال مخزن، در دمای ۱۱۰ درجه فارنهایت تا سال ۱۹۷۲ و قبل از تزریق گاز کاهش یافته، اما مقایسه فشار اشباع در این تاریخ با نمونه‌های جدید نشان می‌دهد بعد از شروع تزریق گاز تاکنون تغییر چندانی نداشته است.

شکل‌های ۱۰ تا ۱۰، خواص سیال قدیم و جدید مخزن را مقایسه می‌کنند و نشان می‌دهند، فشار اشباع سیال مخزن از شروع تزریق گاز تغییر چندانی نداشته است. فشار اشباع تابعی از دما و ترکیب سیال است. دمای آزمایش،

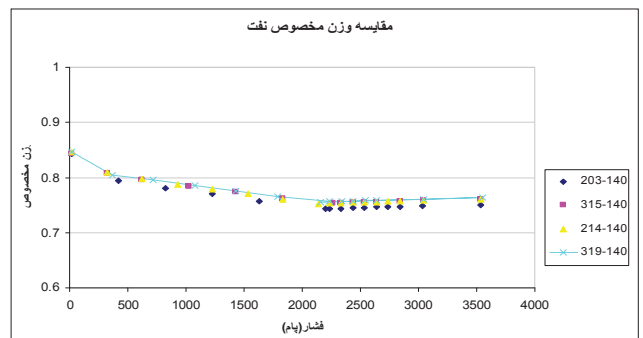
سال‌های اولیه ناشی از تولید از سایر بخش‌ها بوده است. از طرف دیگر تزریق گاز در ناحیه کوهان مخزن، فشار گاز و نفت در بخش‌های ۲ تا ۸ را افزایش داده و مؤید این است که بخش‌های ۲ تا ۸ ارتباط افقی خوبی دارند.

یکسان بودن خواص سیال در پهنه مخزن نیز دلیلی بر ارتباط بین شرق و غرب مخزن است که در بررسی خواص سیال چاه‌های ۳۱۵، ۳۱۹، ۲۱۴ و ۲۰۳ مشاهده می‌شود.

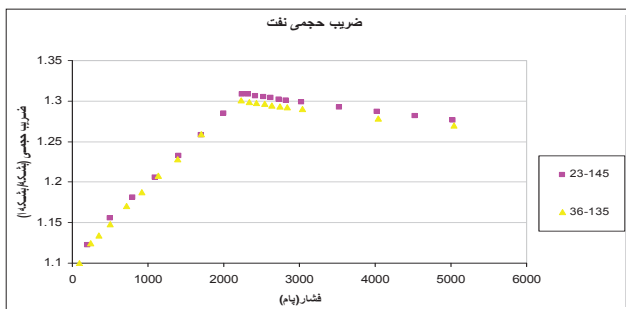
خواص سیال این چهار چاه تطابق بسیار خوبی بر هم دارند. در حالی که چاه ۳۱۵ در غرب میدان (بخش ۲)، چاه ۲۰۳ تقریباً در مرکز میدان (بخش ۴)، چاه ۲۱۴ در شرق میدان (بخش ۸) و چاه ۳۱۹ در منتهی‌الیه شرق میدان (بخش ۹) قرار دارند. این چاه‌ها در گستره طولی میدان به طول ۷۰ کیلومتر قرار دارند و از اعماق متفاوتی تولید می‌کنند. شکل‌های ۱۱ تا ۱۵



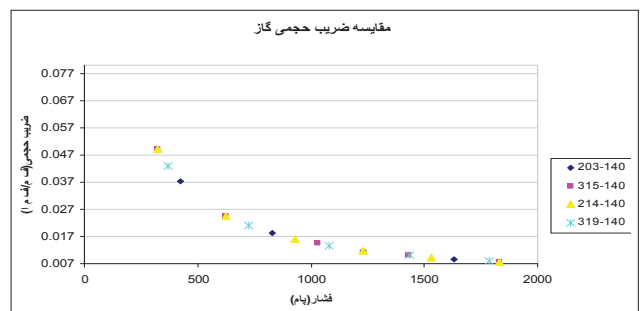
شکل ۱۶ تغییرات فشار اشباع سیال میدان در طول زمان



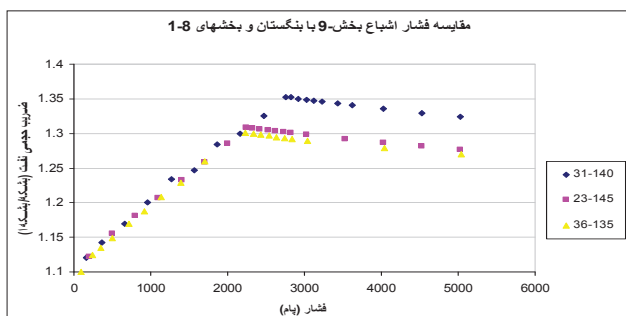
شکل ۱۳ وزن مخصوص نفت بین چاه‌های ۲۰۳، ۲۱۴، ۳۱۵ و ۳۱۹



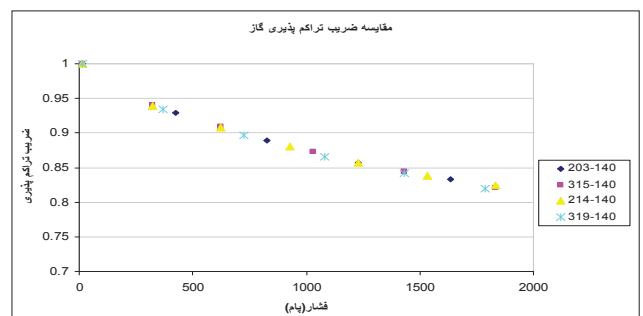
شکل ۱۷ مقایسه ضریب حجمی نفت بین چاه‌های ۲۳ و ۳۶



شکل ۱۴ مقایسه ضریب حجمی گاز بین چاه‌های ۲۰۳، ۲۱۴، ۳۱۵ و ۳۱۹



شکل ۱۸ مقایسه فشار اشباع بخش ۹ با بنگستان و بخش‌های ۱ تا ۸



شکل ۱۵ مقایسه ضریب تراکم‌پذیری گاز بین چاه‌های ۲۰۳، ۲۱۴، ۳۱۵ و ۳۱۹



۱۱ تا ۱۵ نشان می‌دهند، فشار اشباع چاه ۳۱۹ در بخش ۹، با فشار اشباع چاه‌های موجود در سایر بخش‌ها، یکسان و این امر مؤید مطلب گفته شده است.

میزان تغییر فشار اشباع نفت در بخش ۹ در شکل‌های ۱۹ و ۲۰ نشان داده شده و مشخص می‌شود، بر اثر تولید و افت فشار بخش، فشار اشباع حدود ۵۰۰ پام کاهش پیدا کرده است.

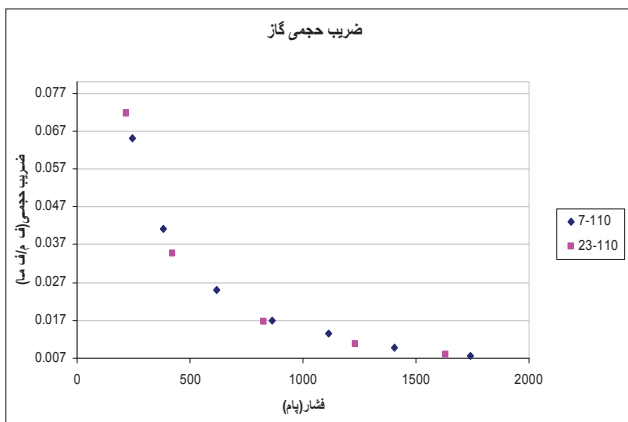
#### ۵- بررسی پدیده همرفت (Convection) در میدان با توجه به داده‌های خواص سیال

پدیده همرفت در مخازن بر اثر گرادیان معکوس دانسیته که از گرادیان دمایی ناشی می‌شود، بوجود می‌آید. تجربه نشان داده است، بعضی مخازن شکافدار پدیده همرفت دارند. خواص یکسان سیال در ۲۰۰۰ فوت از ستون نفتی در بعضی از مخازن شکافدار ایران و عراق دلیلی بر فعال بودن پدیده همرفت در این مخازن است. چاه‌های ۷ و ۲۳ هر دو در بخش ۷ مخزن آسماری قرار دارند. نمونه‌های گرفته شده در دو عمق متفاوت با اختلاف حدود ۱۴۰ مترند، اما با

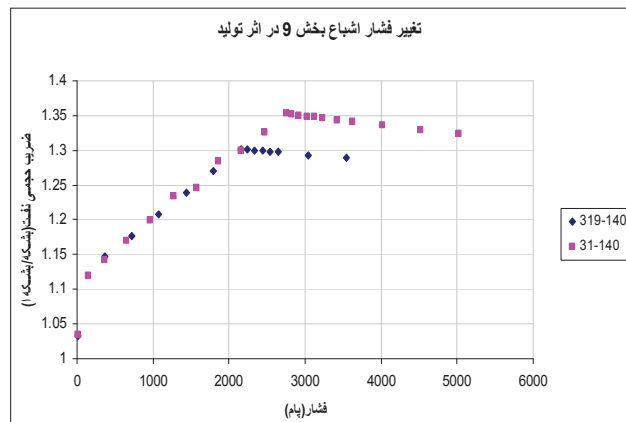
یکسان و فشار نیز به دلیل تریق ثابت بوده بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، ترکیب سیال مخزن آسماری تغییری نداشته است. این موضوع آنچه در شکل ۱ بیان شد را تأیید می‌کند.

بررسی و مقایسه خواص سیال چاه بنگستانی ۳۶ و چاه آسماری ۲۳ نشان می‌دهد، فشار اشباع سیال مخازن آسماری و بنگستانی تقریباً یکسان بوده است. شکل ۱۷ این مطلب را به خوبی نشان می‌دهد.

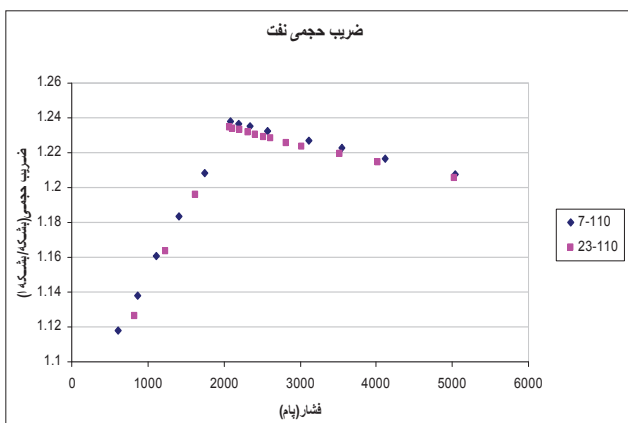
شکل ۱۸ خواص سیال چاه ۳۱ از بخش ۹ را با چاه ۲۳ در بخش ۷ و چاه بنگستانی ۳۶ مقایسه می‌کنند. با دقت در این شکل مشخص می‌شود، در سال ۱۹۷۲ فشار اشباع بخش ۹ حدود ۲۷۰۰ پام بوده در حالی که فشار اشباع بخش‌های ۱ تا ۸ مخزن بنگستان حدود ۲۲۴۰ پام بوده است. دلیل این اختلاف آن است که بخش ۹ تا آن زمان تولیدی نداشته، به همین دلیل افت فشار کمتری داشته، در نتیجه ترکیبات سبک نفت به میزان کمتری از آن خارج شده و به همین دلیل فشار اشباع آن بالاتر بوده است. بعدها با تولید از بخش ۹ و کاهش فشار این بخش و نزدیک شدن فشار آن با سایر بخش‌ها، فشار اشباع آن نیز به فشار اشباع بخش‌های دیگر نزدیک شده است. شکل‌های



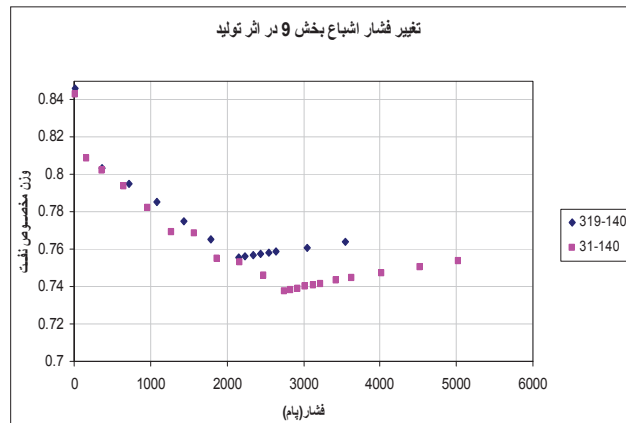
شکل ۱۱ | یکسان بودن ضریب حجمی گاز مؤید پدیده همرفت



شکل ۱۹ | تغییر فشار اشباع بخش ۹ بر اثر تولید



شکل ۲۲ | یکسان بودن ضریب حجمی نفت مؤید پدیده همرفت



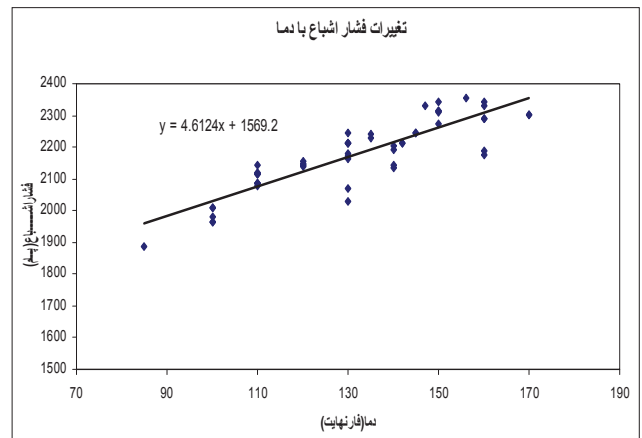
شکل ۲۰ | تغییر فشار اشباع بخش ۹ بر اثر تولید

۳ تاریخ آزمایش و عمق سیال تولیدی در چاه‌های ۷ و ۲۳

چاه	متوسط عمق تولید (م ز س د)	تاریخ آزمایش
۷	۵۸۱	۱۹۶۰
۲۳	۲۰۰۲	۱۹۵۹

۴ بخش‌بندی و عمق تولید چاه‌های ۱۴، ۱۵، ۳۱۹، ۳۰۳ و ۲۰۳

چاه	متوسط عمق تولید (م ز س د)	بخش
۲۱۴	۱۹۲۰	۸
۳۱۵	۲۱۹۰	۲
۳۱۹	۱۷۰۰	۹
۲۰۳	۱۸۶۵	۴



۳۳ تغییر فشار اشباع با دما در میدان

قبل از تزریق نشان می‌دهد، گاز کلاهک در حال سبک شدن و این امر خود، دلیل سبک بودن گاز تزریقی به کلاهک گاز است.

۳- مقایسه خواص سیال قبل و بعد از تزریق نشان می‌دهد، خواص سیال مخزن در مدت زمان تولید و تزریق تغییری نداشته که این نیز مؤید ثابت بودن ترکیب سیال مخزن است.

۴- ترکیب سیال در گستره مخزن از بخش ۱ تا ۹ یکسان است.  
۵- یکسان بودن خواص سیال نمونه‌های گرفته شده از اعماق مختلف مؤید فعال بودن پدیده همرفت در میدان است.

۶- تغییر نکردن خواص سیال در مدت تولید نفت و تزریق گاز نشان می‌دهد، اگر همین نسبت تزریق به تولید حفظ شود و فشار مخزن ثابت بماند، می‌توان خواص کنونی سیال را برای آینده مخزن تعمیم داد و در نتیجه به تعداد کمی آزمایش‌های دما، فشار و حجم نیاز است.

۷- بررسی هانشان می‌دهند، فشار اشباع سیال کنونی با فشار اشباع قبل از تزریق گاز یکسان است، اما فشار اشباع سیال تا قبل از تزریق گاز کاهش داشته است. حتی اکنون فشار اشباع و خواص سیال بخش ۹ نیز با سایر بخش‌ها برابری می‌کند.

۸- فشار اشباع سیال قدیمی بخش ۹ بیشتر از سایر بخش‌هاست. این بخش تا آن زمان تولیدی نداشته و فشار آن کاهش چندانی نیافته، بنابراین فشار اشباع آن بالاتر بوده است.

مقایسه خواص سیال دو چاه درمی‌یابیم، سیال هر دو چاه رفتاری شبیه هم دارند (شکل‌های ۲۱ و ۲۲). این امر نشان می‌دهد ارتباط خوبی در طول ستون نفتی وجود دارد؛ بنابراین می‌توان گفت پدیده همرفت فعال است. همچنین با دقت در شکل‌های ۱۱ تا ۱۵ درمی‌یابیم، اگرچه نمونه‌های گرفته شده از چاه‌های ۲۱۴، ۳۱۵، ۳۱۹ و ۲۰۳ از اعماق متفاوتی اند (جدول ۴)، اما نمونه سیال این چاه‌ها خواص یکسان دارند و این نیز مؤید ارتباط خوب و فعال بودن پدیده همرفت است.

با رسم داده‌های فشار اشباع بر اساس دما (شکل ۲۳) رابطه‌ای خطی به فرمول زیر به دست می‌آید. طبق این شکل فشار اشباع سیال مخزن به ازای ۱ درجه فارنهایت، ۴/۶ پام تغییر خواهد کرد.

$$P_b = 612/4 T + 1569/2$$

### نتیجه‌گیری

۱- از ابتدای شروع تزریق گاز تا کنون ترکیب سیال مخزن تغییر چندانی نکرده و دلیلش نیز آن است که تزریق گاز در مخزن باعث افزایش و تثبیت فشار در مخزن می‌شود و از جدایی ترکیبات سبک از نفت و در نتیجه از سنگین شدن نفت مخزن جلوگیری می‌کند.

۲- مقایسه ترکیب گاز کلاهک هشت سال پس از تزریق گاز با ترکیب آن

### پانویس‌ها

1. ghaseminezhad.a@nisoc.ir

2. amiri.m@nisoc.ir

### منابع

- [۱] فرشید طالبیان، «مطالعه خواص سال در میدان گچساران»، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، کتابخانه مرکزی، گزارش شماره پ ۵۰۷۸
- [۲] علی محمد سعیدی، «مهندسی مخازن در مخازن شکافدار»، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، کتابخانه مرکزی، دی ۱۳۶۶
- [۳] شرکت کورل، «مطالعه جامع میدان گچساران»، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، بایگانی اداره ارزیابی مخازن
- [۴] شرکت بیسیپ فرانتل، «مطالعه جامع میدان گچساران»، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، بایگانی اداره ارزیابی مخازن