

## روش های نوین ازدیاد برداشت از مخازن نفت سنگین جهت افزایش بازده

### چاه های هیدروکربنی

#### آرش تقوی<sup>1</sup>، علیرضا خاکپور<sup>2</sup>

(1) دانشجوی کارشناسی مهندسی نفت-مخازن نفت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه مهندسی

نفت، قوچان، ایران

(2) دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه مهندسی

شیمی، قوچان، ایران

#### چکیده:

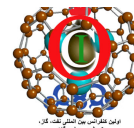
امروزه جهت مدیریت و صیانت از مخازن هیدروکربوری روش های بسیاری برای افزایش تولید اولیه و ثانویه نفت و مدیریت این مخازن وجود دارد، از طرفی در مخازن نفت سنگین از یک سو بدلیل بالا بودن گرانشی و عدم کارایی روش های سیلاب زنی آب و از سوی دیگر بدلیل بالا بودن روش های امتزاجی روش های حرارتی از اهمیت بالایی برخوردارند، از این رو حفظ و بهره برداری صحیح و بهینه از مخازن نفت و گاز و مدیریت و صیانت از مخازن در جایگاه ویژه ای قرار دارد. انتخاب تکنیک صحیح ازدیاد برداشت در دستیابی به یک بازیافت بالا تاثیر حیاتی در مدیریت دارد و این روشن است که اگر افزایش برداشت بدون برنامه ریزی صورت گیرد، برای سازند مخزنی از لحاظ فنی مشکلاتی ایجاد خواهد کرد. بنابراین برای جلوگیری از آسیب های احتمالی مخزن و افزایش برداشت از آن، باید از استانداردهایی که هم اکنون در دنیا وجود دارد، استفاده کرد. افزایش تولید در یک مقطع زمانی، بنا به دلایل مختلف، به معنای افزایش برداشت در دراز مدت نیست و اگر چه افزایش برداشت منجر به افزایش سرمایه و بهبود وضعیت اقتصادی کشور می شود، اما در این زمینه از لحاظ فنی، محدودیت های جدی وجود دارد که روشهای ازدیاد برداشت، شامل روشها و شیوه هایی است که به افزایش بازیابی نهایی نفت منجر میشود. این شیوه ها با استفاده از گرما یا تزریق موادی که به طور معمول در مخزن وجود ندارد، مانند مواد شیمیایی، حلالها، اکسیدکننده ها توسط مکانیزم های جدید و متفاوت سبب جابجایی نفت میشوند.

**کلمات کلیدی:** ازدیاد برداشت، روشهای نوین، روش میکروبی، مخازن نفت و گاز



امروزه صنایع مربوط به حوزه نفت و صنایع وابسته از اهمیت به سزایی برخوردار است، لذا ایران کشوری است که بیش از 10 درصد کل مخازن نفت جهان و 17 درصد کل مخازن گاز دنیا را داراست. اکثر مخازن ایران به دلیل وجود شکستگی ها و ترک در آنها، در بین مخازن دنیا منحصر به فرد می باشند که تقریباً حدود ۴۰۰ میلیارد بشکه نفت تخمین زده شده در مخازن ایران در اینگونه مخازن می باشند و که باید توجه کرد که تنها بیش از ۹۱ میلیارد بشکه از این مقدار، یعنی تنها حدود ۲۰ درصد از آنها، قابل برداشت است، لذا هرگونه تحقیقات مرتبط با خصوصیات اینگونه مخازن و روشهای صحیح برداشت از اهمیت زیادی برخوردار است. بطور کلی، اگر یک درصد ازدیاد برداشت از مخازن نفت کشور به وقوع بپیوندد، حدود ۵ میلیارد بشکه نفت اضافی بدست می آید که در حال حاضر، پروژه افزایش تولید و بازیافت نفت در ۴ میدان نفتی درود، بلال، سروش و نوروز در حال اجرا می باشد. همچنین به منظور اجرای طرح توسعه و افزایش بازیافت نفت در بیش از ۵۰ میدان دیگر، مطالعاتی در حال انجام است که از آن جمله می توان به مطالعه در میدان بی بی حکیمه سازند آسماری و بنگستان، مارون آسماری و اهواز آسماری اشاره نمود.

بیشترین نفت ذخیره شده دنیا در سنگهای کربناته میباشد، نزدیک به 50٪ از مخازن شناخته شده دنیا مخازن کربناته با میانگین بازیابی نفت کمتر از 30٪ میباشد، که اغلب این مخازن دارای شکافهایی با هدایت هیدرولیکی بالا و ماتریکسهایی با تراوایی پایین میباشند. با توجه به این مساله، افزایش بازیابی نفت از مخازن کربناته اهمیت زیادی یافته است. افزایش قیمت جهانی نفت خام و نیاز روز افزون کشورهای جهان به این انرژی، مهندسی مخزن را واداشته تا با طراحی شیوه مناسب با کمترین هزینه ممکن، بیشترین تولید را از مخازن نفتی داشته باشند. به منظور دست یابی به این هدف، نیاز است که قبل از انجام عملیات بازیابی نفت از میدان نفتی، به صورت آزمایشگاهی تمام پارامترهای موثر بر تولید نفت مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. به دلیل تولید بخش کوچکی از نفت خام بعد از بازیافت اولیه و ثانویه و با توجه به ارزشمندی این انرژی، روشهای ازدیاد برداشت برای تولید باقیمانده نفت مورد نیاز می باشد. روشهای ازدیاد برداشت، شامل روشها و شیوه هایی است که به افزایش بازیابی نهایی نفت منجر میشود. این شیوه ها با استفاده از گرما یا تزریق موادی که به طور معمول در مخزن وجود ندارد، مانند مواد شیمیایی، حلالها، اکسیدکننده ها توسط مکانیزم های جدید و متفاوت سبب جابجایی نفت میشوند. نتایج دست آمده در رابطه با ترشوندگی مخازن کربناته نشان داد که 84٪ از سازند ها نفت دوست، 8٪ ترشوندگی میانه و 8٪ آبدوست میباشد (Treiber et al, 1972). نتایج مشابه؛ 80٪ نفت دوست، 12٪ ترشوندگی میانه و 8٪ آبدوست ارائه شده است (Chilingar and Yen 1993). تغییر ترشوندگی سبب سریعتر شدن آشام خودبه خودی آب به داخل ماتریکس می شود بنابراین بازیابی نفت طی سیلابزنی با آب افزایش می یابد. (Salehi et al 2008) و ضروری است که قبل از انتخاب روش های ازدیاد برداشت نفت، نفت باقیمانده و مکانیزم های لازم مشخص شود (Standes 2001). مجموع بازیابی نهایی نفت با استفاده از روش اولیه و ثانویه کمتر از 50 درصد نفت در جای اولیه می باشد. در طول عمر یک مخزن زمانی وجود دارد که هزینه تولید یک بشکه نفت بیشتر از قیمت فروش آن می شود. در این حالت تولید از مخزن ناکارآمد می باشد در حالی که بیش از 50 درصد نفت درجا در مخزن باقی مانده است. در این صورت و به علت غیراقتصادی بودن روشهای اولیه و ثانویه، افزایش بازیابی نفت در جهت تسهیل حرکت نفت تله افتاده مورد بررسی قرار میگیرد. تقاضای روز افزون نفت و کاهش تولید طبیعی از مخازن نفت سبک و در نهایت افزایش قیمت در چند سال اخیر باعث توجه روزافزون به روش های تولید از مخازن نفت سنگین و بسیار سنگین شده است. بطوریکه برآورده ها نشان می دهد تولید نفت کانادا در آینده ای نزدیک از مرز 1/2 میلیون بشکه در روز بگذرد. در کشور ونزوئلا طبق برنامه ریزی انجام شده شرکتهای نفتی قصد دارند میزان تولید نفت سنگین را به 600000 بشکه در روز برسانند. همچنین دولت چین قصد دارد در آینده ای نزدیک میزان تولیدات نفت خود را از منابع نفت سنگین به 150000 بشکه در روز برساند. درحالیکه در کشور ایران با توجه به منابع و ذخایر قابل ملاحظه نفت سنگین، بدلیل عدم وجود تکنولوژی مورد نیاز تولید از این منابع صورت نمی گیرد. میزان کلی منابع نفت به شکل نفت سنگین و قیر طبیعی در جهان حدود 6 تریلیون بشکه نفت تخمین زده می شود که سه برابر ذخایر نفت معمولی جهان است.



همچنین بر اساس مطالعات انجام شده مجموع ذخایر نفت سنگین ایران به 85 میلیارد بشکه تخمین زده شده است با وجود حجم بالای مخازن نفت سنگین و قیرطبیعی تولید از این منابع انرژی به سادگی برداشت از مخازن نفت خام نبوده و همواره با وجود تکنولوژی های موجود به آسانی قابل برداشت نمی باشد.

روش های ازدیاد برداشت به چندین صورت زیر انجام میشود که در ادامه به تشریح آن می پردازیم:

1. ازدیاد برداشت به روش تزریق بخار
2. ازدیاد برداشت به روش تزریق آب
3. ازدیاد برداشت به روش تزریق گاز
4. گرمایش الکتریکی
5. روش حرارتی
6. تزریق مواد شیمیایی یا فوم
7. روش تحریک لرزه ای
8. روش میکروبی

### □□ بررسی روش های ازدیاد برداشت

یکی از مسائلی که در مخازن تحت فشار در ایران وجود دارد: کربناته شکافدار و ساختارهای نفت سنگین میباشد که انتخاب نوع مخزن با توجه به فشار موجود در آن، از اهمیت به سزایی برخوردار است. که باید مورد توجه قرار گیرد؛ انتخاب روش صحیح ازدیاد برداشت است. روش های ازدیاد برداشت، شامل روشها و شیوه هایی است که به افزایش بازیابی نهایی نفت منجر می شود. این شیوه ها با استفاده از گرما یا تزریق موادی که به طور معمول در مخزن وجود ندارد، مانند مواد شیمیایی، حلالها، اکسیدکننده ها توسط مکانیزم های جدید و متفاوت سبب جابجایی نفت میشوند و تعیین دقیق و درست خصوصیات سیال مخزن، یکی از عوامل بسیار مهم در مطالعات شبیه سازی مخزن است. چون در فرایند تزریق گاز، بر هم کنش زیادی بین سیالات وجود دارد، لذا تعیین خصوصیات سیال بطور دقیق بسیار حائز اهمیت است.

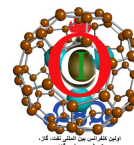
تولید نفت از مخازن نفتی طی سه مرحله صورت می گیرد:

مرحله اول نفت با استفاده از فشار مخزن تولید می شود و با گذشت زمان، فشار مخزن کم شده در نتیجه تولید روند نزولی پیدا میکند.

وتولید نیز روند کاهشی را در پیش می گیرد. به این ترتیب مخزن وارد مرحله دوم تولید می گردد. برای شناخت هر چه بیشتر از روش های ازدیاد برداشت از مخازن فوق سنگین و دست یافتن به جزئیات مربوط به هر کدام از روش ها، خصوصاً درک صحیح مکانیسم های مؤثر در تولید، مطالعات و تحقیقات گسترده ای طی سالهای اخیر انجام شده است.

### □□□□ ازدیاد برداشت به روش تزریق بخار:

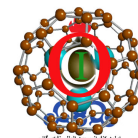
تزریق بخار روشی مهم و شناخته شده برای تولید نفت سنگین است. این روش می تواند به وسیله اضافه کردن برخی افزودنی ها مانند دی اکسیدکربن بهبود یابد. تزریق دی اکسیدکربن در مخازن نفت سنگین دارای اثراتی مانند کاهش ویسکوزیته، باد کردن نفت، افزایش رانش گاز محلول، افزایش تزریق پذیری، اثرات امتزاجی و ... می باشد و اضافه کردن آن به بخار قبلاً به صورت آزمایشی، شبیه سازی و در میدان مطالعه شده است و اغلب این مطالعات در مخازن ماسه سنگی با تخلخل و عبورپذیری بالا انجام شده است. در این مطالعه فرایند تزریق توام بخار و دی اکسیدکربن بوسیله شبیه سازی (با یک شبیه ساز تجاری) در یک مخزن نفت سنگین کربناته شکافدار ایران برابر ۸،۱۴ و عبورپذیری مخزن ۲۰ میلی دارسی در نظر گرفته شده API بررسی شده است. نفت دارای درجه است. همچنین مخزن کم عمق بوده و دارای دما در حدود ۳۵ درجه سانتی گراد می باشد و فشار آن ۳۰۰ پام در نظر گرفته شده است. در شبیه سازی با چنین شرایطی مخزن قادر به تولید بسیار



ناچیزی به صورت طبیعی می باشد. تزریق در نسبت های مختلف دی اکسیدکربن/ بخار و در دبی های مختلف شبیه سازی شده است. مخزن هم به صورت تخلخل دوگانه و هم تخلخل یگانه شبیه سازی شده و نتایج نشان دهنده امکان پذیری و عملکرد خوب سیلاب زنی بخار در مخزن شکافدار و نیز متفاوت بودن رفتار مخزن شکافدار و بدون شکاف به سیلابزنی بخار و اضافه شدن دی اکسیدکربن به بخار است. در مخزن شکافدار اضافه شدن دی اکسیدکربن به بخار در ابتدا باعث کاهش سرعت بازیافت می شود، ولی در ادامه بازیافت نهایی، عملکرد فرایند با وجود دی اکسیدکربن بالاتر است. در شبی همسازی مخزن بدون شکاف هم سرعت بازیافت و هم مقدار نهایی آن در حضور دی اکسیدکربن به همراه بخار نسبت به تزریق بخار به تنهایی افزایش چشمگیری پیدا می کند. همچنین نسبت بهینه ای برای بخار و دی اکسیدکربن وجود دارد که بازیافت را حداکثر می کند. بررسی ها نشان می دهد که در سطح جهانی حدود 400000 بشکه نفت روزانه از طریق تزریق بخار آب تولید می گردد که از این رقم حدود 60 درصد در آمریکا، 30 درصد در ونزوئلا و 3 درصد در کانادا تولید می شود. تعداد زیادی پروژه های بزرگ تزریق بخار آب در ماسه قیرهای آلبرتای کانادا و کمربند نفتی ارینوکو ونزوئلا در دست انجام است. روش تزریق متناوب بخار (CSS) روش حرارتی دیگری است که به خاطر ارزانی، سادگی و مؤثر بودن آن در اکثر میداین نفت سنگین واجد شرایط به کار گرفته شده است. تاریخچه استفاده از آن در میداین Gold Lake و Wolf Lake از کشور کانادا به ترتیب به سال 1975 و 1982 و در ایالت کالیفرنیا آمریکا نیز به سال 1982 برمی گردد. روش ریزش ثقلی با بخار (SAGD) برای اولین بار در سال 1978 توسط دکتر راجر باتلر در ناحیه Gold Lake کشور کانادا جهت بازیافت نفت بسیار سنگین پیشنهاد و توسط شرکت Imperial Oil اجرا شد. روش SW-SAGD یک روش نوین در بازیافت نفت سنگین و بسیار سنگین است که برای اولین بار در سال 1995 در کشور کانادا مورد استفاده قرار گرفت. در مقایسه روش تزریق بخار که انرژی گرمایی از خارج به داخل مخزن وارد می شود، در روش احتراق درجا، انرژی گرمایی با سوزاندن قسمتی از نفت در جای مخزن به وسیله تزریق هوای فشرده تولید می شود. این روش در برخی از میداین آمریکا، اندونزی و هند در حال اجرا است. اگر چه روشهای حرارتی برای بازیافت نفت سنگین و بسیار سنگین مؤثر هستند، اما نیاز به انرژی حرارتی زیاد در این فرآیندها باعث غیراقتصادی شدن این روش ها به خصوص در شرایط نازک بودن لایه تولیدی، تخلخل کم، با لایه بودن درصد اشباع آب، وجود شکاف های عمودی در مخزن، پایین بودن ضریب هدایت سنگ مخزن و نیز وجود آبده در مخزن می شود.

### ♦ ♦ ♦ ازدیاد برداشت به روش تزریق آب:

در سال 1988، توماس و همکارانش بعد از انجام آزمایش ها و بررسی های گوناگون دریافتند که سنگ شناسی، تخلخل و ضخامت شبکه بلوک ها نیز از عوامل مهمی هستند که می توانند بر برداشت نفت و نیز عملیات حفظ و نگه داری فشار مخزن در هنگام تزریق آب، مؤثر باشند. با حرکت آب در مخزن، دمای آن افزایش یافته و میزان حلالیت مواد حل شده در آب نیز تغییر می کند. اگر مقدار حلالیت کاهش یابد، املاح در لوله های تزریق یا در سنگ مخزن رسوب می کنند. هم چنین جذب آب توسط سنگ مخزن های رسی می تواند باعث تورم آن ها شود که این امر، کاهش اندازه حفره ها و افت نفوذپذیری سنگ مخزن را به همراه خواهد داشت. در این روش، آب به عنوان عاملی برای فشار افزایی مخزن به کار برده می شود. عوامل مؤثر بر فرآیند تزریق آب می توان به دبی تزریق آب، ویسکوزیته نفت، فشار موئینگی، خاصیت ترشوندگی، نفوذپذیری، ابعاد مخزن، یکنواختی خواص سنگ مخزن و عمق مخزن اشاره کرد. با حرکت آب در مخزن، دمای آن افزایش یافته و مواد حل شده در آب نیز تغییر می کنند اگر مقدار حلالیت کاهش یابد، املاح در لوله های تزریق یا در سنگ مخزن رسوب می کنند. جذب آب توسط سنگ مخزن های رسی می تواند باعث تورم آن ها شود که این امر، کاهش اندازه حفره ها و افت نفوذپذیری سنگ مخزن را به همراه خواهد داشت. در مواردی که آب تزریقی با آب سازند ناسازگار باشد، یعنی اختلاط آب تزریقی با سیال مخزن باعث تشکیل رسوب معدنی شود لازم است که برای آب تزریقی، عملیات آماده سازی انجام شود. همین موضوع در صورت استفاده از چند منبع آب برای تزریق نیز صدق می کند.

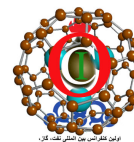


### از دیدگاه برداشت به روش تزریق گاز:

اولین روش هایی که برای بازیافت بیشتر نفت از مخازن به ذهن می رسد، سیلاب زنی 1 و یا تزریق گاز 2 است. مشکل اصلی این دو فرایند، بروز پدیده ی میان شکن 3 زود هنگام است تزریق گاز به دو صورت امتزاجی و غیرامتزاجی انجام می شود. در روش امتزاجی، گاز طبیعی با افزودن ترکیبات (C6 تا C2) هیدروکربنی میانی غنی می گردد؛ به طوری که بخش غنی شده گاز تزریقی که در ابتدای کار تزریق می شود، با نفت مخزن امتزاج یافته و آن را از درون خلل و فرج سنگ مخزن به طرف چاه های تولیدی هدایت می کند. افزایش بازیافت به این روش، بازدهی بالایی دارد و اگر سنگ مخزن دارای خواص همگن، یک دست و تراوایی مناسب باشد، می توان به 65 تا 75 درصد حجم نفت باقیمانده در مخزن دست یافت. در روش غیر امتزاجی که نسبتاً ارزان بوده و در تعدادی از مخازن نفت خیز خشکی و دریایی ایران اعمال می گردد، گاز به مخازن نفتی تزریق می شود. گاز تزریقی در قسمت بالای مخزن متراکم شده و با افزایش فشار مخزن، حرکت نفت را تسهیل می نماید. باید توجه داشت که نیازی نیست که گاز تزریقی حتماً از نوع ترکیبات هیدروکربنی باشد. در کشورهای صنعتی، برای تزریق از گازهای خروجی تأسیسات بزرگ صنعتی که بخش اعظم آن تشکیل می دهد، استفاده CO2 را می شود. در این روش، راندمان از تزریق گاز های هیدروکربنی بالاتر است و فواید زیست محیطی نیز در پی دارد دی اکسیدکربن یکی از در دسترس ترین امکانات موجود برای تزریق گازهای غیرهیدروکربنی به مخزن است. اکنون سال هاست که در میان روش های ازدیاد برداشت تزریق گاز تنها به معنای تزریق گاز طبیعی استخراج شده از مخازن نیست؛ این طرح می تواند به معنای بازگرداندن گاز استخراج شده همراه نفت به درون چاه ها باشد؛ در حالی که اکنون بخش زیادی از این گاز، در سر چاه ها سوزانده می شود. گاز ماده ای است که تقریباً یک تنه جور اقتصاد تک محصولی ایران را به دوش می کشد و با بالا و پایین شدن قیمتش، سرنوشت بودجه مملکت عوض می شود؛ بنابراین باید برای این اقتصاد تک محصولی چاره ای اندیشید. با تزریق گاز به مخزن، تولید افزایش می یابد. هنگامیکه بین سیال تزریقی و نفت مخزن نیروی کشش سطحی وجود نداشته باشد، آن دو با یکدیگر ترکیب می شوند و باعث کاهش گرانیوی سیال مخزن و افزایش تولید نفت می گردد.

### گرمایش الکتریکی:

از جمله روش های موجود در ازدیاد برداشت مخازن دارای نفت سنگین و نیمه سنگین گرمایش الکتریکی است که در آن از امواج الکتریکی و الکترومغناطیسی برای گرم کردن نفت مخزن استفاده می شود. از این روش معمولاً در بهره برداری از مخازنی که نفت آن ها نسبتاً سنگین است، استفاده می شود. این روش برای نفت خام بین 10 تا 20 درجه API با شاخص کاربرد دارند. استفاده از انرژی الکتریکی در افزایش تولید نفت به دو دسته تقسیم می شود: 1. گرمایش دی الکتریک 2. گرمایش مقاومتی. در این روش ها با ایجاد یک میدان مغناطیسی متغیر، انرژی مولکول ها را افزایش داده و مخزن گرم می شود. در نهایت از گرمای ایجاد شده برای ازدیاد برداشت استفاده می گردد. در روش گرمایش دی الکتریک امواج با فرکانس بالا به درون مخزن انتشار می یابد. توان انتشار امواج با استفاده از فرکانس های بالا را می توان با معادلات ماکسول بیان کرد چونکه در فرکانس های بالا جریان دی الکتریک حاکم است. محیط متخلخل، انرژی الکترومغناطیس را جذب کرده و در نتیجه آن دما افزایش می یابد. در فرکانس های پایین (کمتر از 300 کیلو هرتز)، گرمایش مقاومتی حاکم است. عملکرد این روش به این گونه است که دو الکتروود در دو چاه تولیدی (در تماس مستقیم با نفت سازند) قرار می گیرند. زمانیکه جریان بین این دو الکتروود برقرار می شود با توجه به افت اهمی درون سازند گرما بوجود می آید. در فرکانس پایین، جریان الکتریکی توسط یون های موجود در سیالات و آب مخزن هدایت می شود. شوری آب مخزن عامل مهمی در هدایت الکتریکی است. میزان انتقال جریان از الکتروودها به خواص ژئومتری سازند بستگی دارد. اغلب روش های گرمایی ازدیاد برداشت بوسیله تزریق بخار انجام می گیرد. برنامه تزریق بخار در بازیافت نفت، کارایی مؤثری دارد. ولی کاربرد آن دارای محدودیت هایی نیز است. تزریق در مواردی کارایی لازم را ندارد و بازدهی نفت را به میزان قابل توجهی افزایش نمی دهد. در این موارد گرمایش الکتریکی بسیار مؤثر خواهد بود. برخی از این موارد عبارتند از :



1. سازندهای بسیار عمیق که افت گرمایی بسیار زیاد است و کیفیت بخار تا رسیدن به سازند بسیار کم می شود.
2. مناطق بسیار نازک که به دلیل ضخامت کم افت حرارتی در سازند. بسیار زیاد است.
3. سازندهای کم تراوا که عمق نفوذ سیال تزریقی به مخزن در آن ها بسیار کم بوده و با مشکل همراه است.
4. در مخازن کم عمق که استفاده از بخار ب هدلیل محدودیت در فشار تزریق دارای محدودیت هایی است.
5. مخازنی که دارای رس هستند در تماس با آب متورم می شوند. استفاده از بخار در این مخازن باعث تورم رس ها، کاهش تراوایی و کاهش تزریق پذیری می گردند.

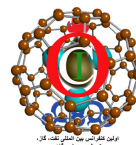
### □□□□ روش حرارتی:

به طور کلی، روش های حرارتی ازدیاد برداشت را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

1. ایجاد حرارت در مخزن با سوزاندن بخشی از نفت
  2. تولید حرارت در خارج از مخزن و تزریق سیال گرم به عنوان عامل جا به جا کننده
- در روش ایجاد حرارت در مخزن با سوزاندن بخشی از نفت و با تزریق گاز دارای اکسیژن و حفر چاه های تزریقی معین و ایجاد یک جبهه آتش پیش رونده صورت می گیرد. البته برای ایجاد این حرارت، روش های متفاوتی پیشنهاد شده است؛ ولی تنها در رو شهایی که از گاز اکسیژن دار استفاده می شود، جبهه آتش در یک جهت حرکت کرده و می توان به نتیجه مطلوب رسید.(1)
- روش تولید حرارت در خارج از مخزن شامل تزریق بخار و آب به صورت مرحله ای و متناوب (تزریق چرخشی یا متناوب) یا تزریق بخار به طور ممتد می باشد و در چاه هایی که دارای نفت سنگین با ویسکوزیته بالا هستند، به کار برده می شود(6)
- مکانیزم های تولید نفت در بازیافت حرارتی از مخزن افزایش درجه حرارت، بر روی خواص فیزیکی سیالات و همچنین تأثیرات متقابل سنگ و سیال، اثرمی گذارد
- مکانیزم های اصلی ناشی از این تأثیرات که به تولید نفت منجر می شوند، عبارتند از :
- (1) کاهش ویسکوزیته خصوصاً در مورد نفت های سنگین
  - (2) میزان ترشوندگی سنگ تغییر پیدا می کند؛ تمایل به ترشوندگی توسط آب در درجه حرارت بالا افزایش می یابد.
  - (3) کشش سطحی بین نفت و آب با افزایش درجه حرارت کاهش پیدا می کند.
  - (4) انبساط حرارتی باعث می شود که سیال موجود در خلل و فرج سنگ به بیرون تراوش پیدا کند؛ در این حالت، چون انبساط حرارتی نفت خصوصاً نفت های سبک کمتر از آب است، در ابتدا نفت خارج می شود.
  - (5) نفت های سبک تبخیر می شوند.
- بشترین کاربردهای روش حرارتی در کالیفرنیا و ونزوئلا در اواخر دهه پنجاه میلادی مورد استفاده قرار گرفته است . زیرا در این مناطق نفت سنگین بیش تری نسبت به سایر نقاط دنیا، وجود دارد و عاملی که باید در روش تزریق کنترل شود، سرعت تزریق است. سرعت تزریق باید به صورتی باشد که فرصت کافی برای تبادل حرارت بین بخار و نفت وجود داشته باشد تا درون نفت، شیب دمایی ایجاد گردد. علاوه بر آن، باید برای محاسبه درجه حرارت سیال تزریقی به مخزن و میزان خوردگی در مسیر بخار تزریقی، به فاصله بین مخزن و تأسیسات تولید بخار نیز توجه داشت.(1)

### □□□□ تزریق مواد شیمیایی یا فوم:

از روش تزریق مواد شیمیایی به منظور کاهش نیروی کشش سطحی بین سنگ و سیال، با تنظیم نسبت تراوایی به گرانیوی نفت مخزن، مورد استفاده قرار می گیرد. در برخی از میادین نروژ، استفاده از روش تزریق فوم و مواد شیمیایی به صورت آزمایشی انجام گرفته و با موفقیت همراه بوده است. روش های تزریق مواد شیمیایی، به علت گران بودن مواد تزریقی، معمولاً برای مخازن کوچک مناسب هستند. در هنگام استفاده از پلیمرها باید توجه بسیار داشت که این مواد باعث بسته شدن کامل تراوایی سنگ مخزن نشوند. بدلیل اینکه مخازن ایران عمدتاً کربناته شکافدار با دمای بالا بوده روش های شیمیایی در مخازن



ایران کارایی چندانی ندارند. از طرفی مخازن ایران دارای تراوایی پایین و وسعت بالا هستند، لذا به مواد شیمیایی زیادی نیاز دارند؛ که این عامل نیز به نوبه خود، استفاده از مواد شیمیایی را محدود می کند. هم چنین دمای بالای مخازن موجب از دست رفتن خواص پلیمر می شود، بنابراین استفاده از مواد شیمیایی را نمی توان روش چندان مناسبی برای مخازن ایران دانست؛ هر چند که انتخاب روش ازدیاد برداشت نیازمند مطالعات و امکان سنجی های دقیق اقتصادی و فنی است [18]

### □□□□ روش تحریک لرزه ای:

اولین بار در دهه 1950 میلادی رابطه بین امواج لرزه ای و افزایش برداشت در فلوریدا مشاهده شد. بدین ترتیب که این امواج موجب گردید که دو چاه از دو مخزن مجاور، یکی به اندازه 14 بشکه افزایش برداشت و دیگری به اندازه 48 بشکه کاهش برداشت داشته باشند؛ این امر نشان از پیچیده بودن عملکرد این امواج بر مخزن دارد. زلزله دیگری که در تاریخ 14 می 1970 در تاجیکستان به وقوع پیوست، که تغییر مثبتی در چاه های نفتی را نمایان کرد و این تغییر تا مدت ها ادامه داشت. در صورتیکه بهره برداری از این چاه ها سال ها متوقف شده بود. مطالعه و تحقیق روی امواج لرزه ای در اواخر قرن 18 و اوایل قرن 19 انجام شد و مشخص گردید که زمین لرزه ها قادرند امواج الاستیک را درون زمین منتشر کنند. حرکت امواج لرزه ای در مخازن ماسه ای باعث حرکت ذرات سازنده سنگ می شود، این حرکات باعث تبدیل دانه های درشت تر به دانه های ریزتر می گردد. با توجه به این که تخلخل و تراوایی دانه های ریزتر در طبیعت کم تر می باشد، این مورد می تواند یک تأثیر منفی به شمار آید [6و5]

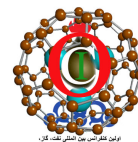
### □□□□ روش میکروبی:

استفاده از میکروب ها برای تولید گاز به منظور افزایش بازده یا دفع موادی که باعث کاهش غلظت و گرانی و انتقال آسان آن به سمت چاه های تولیدی می گردد، تحت عنوان شناخته می شود. روش MEOR روش های میکروبی از روش های نوین افزایش بازده ذخایر به شمار می روند و از جنبه های نوین کاربرد علوم بیو تکنولوژی در صنعت نفت می باشند. (1) محلولی از میکرو ارگانیزم و مواد غذایی مانند ملاس صنعتی به درون مخزن تزریق می شوند. این مواد باعث ایجاد مواد مختلفی از جنس اسیدها و سورفاکتانت ها درون مخزن می شوند. در روش های گرمایی با تزریق سیال گرم یا روش های دیگر، نفت درون مخزن گرم شده و گرانی آن کاهش می یابد. در نتیجه کاهش گرانی، تولید نفت افزایش خواهد یافت.

## 7- نتیجه گیری:

به طور کلی در ایران برای ازدیاد برداشت، از روش های تزریق گاز و آب استفاده می شود، در مورد مخازن نفت ایران، به دلیل نوع مخازن و ویژگی نیروهای کشش بین سطحی، تخلیه ثقلی و غیره، هم چنین سایر مسایل اقتصادی، تزریق آب نسبت به تزریق گاز دارای مزیت کمتری است. از لحاظ صیانت نیز با استفاده از روش تزریق گاز می توان نفت بیشتری تولید کرد و بعدها نیز از گاز ذخیره شده در مخازن استفاده نمود. معمولاً پروژه های تزریق با توجه به قیمت های بازار نفت تعریف می شوند و ممکن است پروژه ای که امروز مقرون به صرفه باشد، در چند هفته آینده متوقف شده و روش های دیگری پیاده شوند. ولی در هر صورت، به علت هزینه های بالای تزریق و زمان بر بودن بازگشت سرمایه در این پروژه ها، شرکت ها قبل از عملیات، مطالعات گسترده زمین شناسی، مخزنی و ژئوفیزیکی انجام می دهند. از مطالب گفته شده چنین بر می آید که باید به مدیریت و صیانت از مخزن، به جای یک سری از تکنیک های تصادفی و نامرتب، به صورت فرآیندی جامع و نظام یافته نگریسته شود و این مهم، به یک تلاش جدی و همه جانبه نیاز دارد.

ا توجه به خصوصیات مخازن ایران (کربناته شکافدار) و وجود ذخایر نفت سنگین، یکی از مهمترین گزینه های قابل مطالعه و تحقیق، روش های حرارتی ازدیاد برداشت هستند. یکی از مهم ترین گام هایی که باید در این راستا برداشته شود، شبیه سازی مخازن کشور به منظور آزمایش تزریق بخار و آب گرم، علی الخصوص در میدین نفت سنگین است. لازم به ذکر است که



تاکنون ۸۱ ساختار نفت سنگین در کشور شناسایی شده است و هنوز ارزیابی دقیقی از میزان این ذخایر وجود ندارد. هم اکنون مطالعات ازدیاد برداشت و تولید از این نوع مخازن، در برخی از دانشگاه های داخل و خارج کشور (مانند کانزاس) در حال انجام است و ضریب بازیافت این مخازن بین ۵ تا ۰۱ درصد پیش بینی می شود. با توجه به پایین بودن درجه مرغوبیت، گرانبوی بالا،

### منابع و مراجع:

- [1] قلیایی زاده مریم، روش های ازدیاد برداشت از مخازن نفت سنگین، مجله اکتشاف و تولید؛ شماره 54؛ بهمن ماه 87
- [2] امیر شهوران فرد، بابک مرادی "ارزیابی و مقایسه روشهای مختلف ازدیاد برداشت در یکی از مخازن نفتی شکافدار ایران" ازدیاد برداشت از مخازن هیدروکربوری مجله مهندسی شیمی ایران (شماره ویژه) سال هشتم-شماره 43 آذر 1388
- [3] دکتر عباس عباس زاده شهری، روشنگر رجبلو، جلیل زارعی "مدیریت و صیانت از مخازن نفتی کشور" مجله اکتشاف و تولید . شماره 79 . آذر 90
- [4] حجت الله مفتخر-سید حسین موسوی "ازدیاد برداشت نفت با استفاده از انرژی الکتریکی" مجله اکتشاف و تولید . شماره 63 . آذر 88
- [5] شاکرشیران، بهروز، لزوم رویکرد جدی به ازدیاد برداشت از مخازن نفتی، <http://alef.ir/1388>
- [6] اسدزاده فرخانی، احمد، روش های حرارتی ازدیاد برداشت از مخازن نفت، شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران.
- [7] انجمن علوم و فنون پارس، <http://sstc.semnan.mihanblog.com>
- [8] ادیبی، سیامک، روش های ازدیاد برداشت از مخازن نفتی و کاربرد آن در کشور، <http://www.itan.ir>
- [9] علی اکبر عظیمی فیض "اصول مدیریت مخازن در راستای تولید پایدار" نشریه اکتشاف و تولید شماره 68 خرداد 89
- [10] رامین حسینی ، دکتر فریبرز رشیدی؛ "تأثیر تغییرات ترکیب نفت و گاز در ارزیابی ذخایر هیدروکربوری" نشریه اکتشاف و تولید شماره 54؛ بهمن 87
- [11] ریاضی، محمدرضا، مهندسی مخازن نفت و گاز، دانشگاه صنعتی شریف، انتشارات علمی، 6 خرداد 1386
- [12] سایت مهندسی نفت، <http://naftine.blogfa.com>
- [13] شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران [www.itanetwork.org](http://www.itanetwork.org)
- [14] محمدی، فرهاد، صیانت از مخازن نفت کشور، شبکه تحلیلگران تکنولوژی، گزارش های. تحلیلی، کد 567
- [15] انواع تزریق به مخازن نفت و اهمیت حفظ مخازن به روش تزریق، <http://www.daneshju.ir/forum>
- [16] ترازنامه انرژی سال 1382
- [17] تحولات بین المللی صنایع بالا دستی-مدیریت پژوهش و فناوری، پژوهشکده ازدیاد برداشت؛ سال سوم، شماره نهم (فروردین و اردیبهشت ۱۳۸۹)
- [18] [www.aftab.ir](http://www.aftab.ir)
- [19] تزریق دی اکسید کربن به جای تزریق گاز به چاه های نفت <http://www.jahanshimi.com>
- [20] صیانت از مخازن نفتی، سایت باشگاه مهندسان ایران
- [21] انجمن علوم و فنون پارس، <http://sstc.semnan.mihanblog.com>
- [22] سایت دنیای اقتصاد، آرشیو 14 و 15 شهریور 1384