



مدیریت و صیانت از مخازن نفتی کشور

دکتر عباس عباس زاده شهری ■ دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند

روشنگ رجیلو ■ دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان

جلیل زارعی ■ دانشگاه اصفهان

◆ مقدمه

مخازن هیدروکربوری یکی از مهم‌ترین منابع انرژی جهان به‌شمار می‌روند، اما با توجه به محدود بودن این منابع، برنامه‌ریزی و اقدام لازم برای بهره‌برداری بهینه از آن‌ها امری حیاتی است. حفظ و بهره‌برداری صحیح و بهینه از مخازن نفت و گاز که شاه‌رگ حیاتی یک کشور هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل، امروزه مدیریت و صیانت از مخازن، جایگاه مهمی یافته است. هدف از مدیریت مخازن، اقدام و برنامه‌ریزی لازم برای بهره‌برداری بهینه از یک مخزن است و در حقیقت، بخش عمده آنچه که امروزه به‌عنوان مدیریت مخازن نامیده می‌شود، در حوزه مهندسی مخازن قرار دارد. دست یافتن به بهره‌برداری بهینه از یک مخزن، نیازمند بررسی جنبه‌های اقتصادی آن است، اما قبل از آن، باید وضعیت مخزن از لحاظ علمی، کاملاً مورد بررسی قرار گیرد.

در حقیقت مهندس مخزن مشخص می‌کند که مخزن چه وضعیتی دارد، چه نوع سیالی در آن وجود دارد، وضعیت تولید آن می‌تواند به چه شکل باشد، میزان ذخیره آن چقدر است، برای تولید از آن چه روشی باید به کار گرفته شود،

چه دوره‌ای برای بهره‌برداری از این مخزن تعریف می‌شود و چه مخزنی برای برداشت ثانویه به تزریق گاز یا آب نیاز دارد. این امور و بسیاری از کارهای دیگری که در حیطه وظایف مهندس مخزن تعریف می‌شود، همه به نوعی برای تولید اقتصادی و بهینه از مخزن می‌باشد که این دقیقاً هدف عمده مدیریت مخازن است [۱،۳].

صیانت از مخازن، در حقیقت به معنای بهره‌برداری بهینه می‌باشد. در یک مخزن نفتی که زیر زمین قرار دارد، مقداری هیدروکربور به‌صورت نهشته موجود می‌باشد. صیانت به این معناست که با مطالعات دقیق و به‌کارگیری تکنولوژی‌های مختلف و برنامه‌ریزی خوب، سعی شود که حداکثر مقدار ممکن از هیدروکربور موجود استخراج شود. اما در این میان، مسائلی مختلفی مطرح می‌شود؛ از جمله این که آیا امکانات تکنولوژیکی موجود و فیزیک مخزن، اجازه می‌دهد که هر آن چه در مخزن وجود دارد، استخراج گردد؟ یا این که با توجه به شرایط مخزن، ضریب برداشت مخزن تا چه حد می‌تواند افزایش یابد (ضریب برداشت، تابع دسته‌ای از مکانیزم‌های تولیدی است). یکی از راه‌های صیانت از مخازن، حفظ فشار و جلوگیری از افت فشار مخازن

می‌باشد و تزریق ماده مناسب به درون زمین، یکی از راه‌های جلوگیری از افت فشار در مخازن است [۱۶،۱].

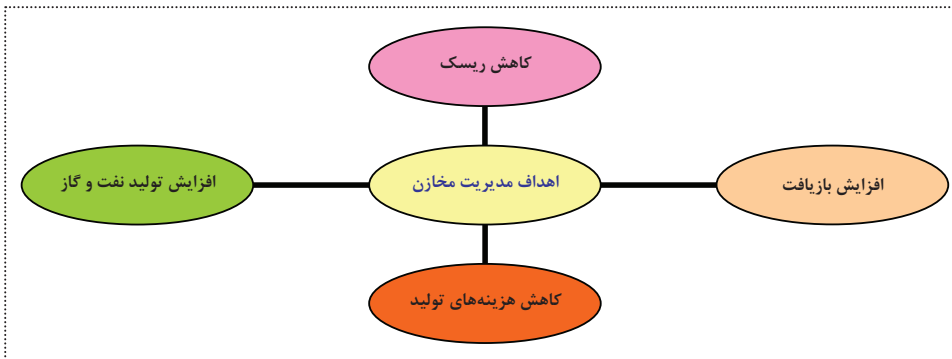
با برداشت تدریجی از مخازن، فشار آن‌ها متناسب با میزان برداشت کاهش می‌یابد. با افت فشار تدریجی یک مخزن، میزان تولید از چاه‌های موجود در آن کاهش پیدا می‌کند، تا جایی که دیگر به‌صورت طبیعی قادر به تولید نمی‌باشد؛ در این حالت به اصطلاح، فشار مخزن به فشار ترک مخزن^۱ رسیده است. با توجه به شکل ۱، عدم آگاهی از علم خطیر مدیریت و صیانت از مخازن نفتی و گازی کشور در زمان برداشت در گذشته، وضعیت تولید از این منابع عظیم را با چالش بزرگی روبه‌رو ساخته است؛ به طوری که در طول چند سال، میزان تولید از یک چاه نفتی حدود چندین هزار بشکه کاهش یافته است. دانش مدیریت و صیانت از مخازن، مقوله‌ای در راستای صیانت از مخازن زیرزمینی بوده که با به پایان رسیدن عمر تولید طبیعی مخازن طی سالیان اخیر مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. اگر چه توجه به امر صیانت باید از زمان شروع برداشت از مخازن مد نظر قرار گیرد، اما با تصمیم‌گیری در این مورد در حین تولید از یک

مخزن نیز می‌توان از فرا رسیدن زودرس پایان عمر آن جلوگیری کرد. این دانش با به‌کارگیری منابع سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، در جهت بهینه‌سازی روش‌های تولید، با در نظر گرفتن مسائلی اقتصادی به‌منظور افزایش ضریب بازیافت، تلاش‌هایی را صورت می‌دهد [۲،۳]. با توجه به شکل ۲ که در آن شمای کلی فرآیند مدیریت مخزن نشان داده شده است، می‌توان چنین عنوان کرد که مدیریت مخازن نیازمند داشتن آشنایی کامل به اصول و مبانی مخازن نفت و گاز، میزان هزینه‌های استخراج و برداشت، روش‌های ازدیاد برداشت و سایر ملزومات علمی در مهندسی نفت است.

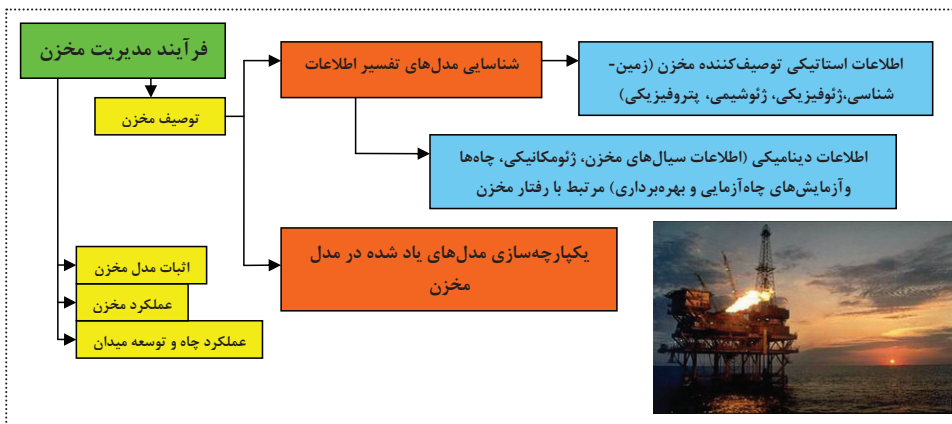
◆ ازدیاد برداشت از مخازن

یکی از مباحث روز مهندسی نفت در دنیا، استفاده از روش‌های مختلف ازدیاد برداشت است. روشن است که اگر افزایش برداشت بدون برنامه‌ریزی صورت گیرد، برای سازند مخزنی از لحاظ فنی مشکلاتی ایجاد خواهد کرد. بنابراین برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی مخزن و افزایش برداشت از آن، باید از استانداردهایی که هم‌اکنون در دنیا

^۱ Abandonment Pressure



۱ | اهداف پیش‌بینی شده در مدیریت مخازن



۲ | نمای کلی فرآیند مدیریت مخازن



وجود دارد، استفاده کرد. این موضوع بدان معناست که تحت عنوان مدیریت مخزن نمی‌توان بنا به میل خود، برداشت از مخازن را افزایش داد؛ بلکه باید برای افزایش برداشت، برنامه‌ای طراحی شود که به مخازن آسیب نرسد. بنابراین 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 می‌شود، اما در این زمینه از لحاظ فنی، محدودیت‌های جدی وجود دارد [۴].

مهم‌ترین نیروهای موجود در مخازن که نفت به کمک آن‌ها به‌طور طبیعی جریان می‌یابد، عبارتند از:

- ۱- نیروی حاصل از فشار گاز حل شده در نفت
- ۲- نیروی حاصل از فشار گاز جمع‌شده در قسمت بالای کلاهک
- ۳- فشار هیدرواستاتیک سفره آب مخزن که در زیر ستون نفت قرار گرفته است

۴- نیروی ریزش ثقلی، که برخی مخازن دارای ستون نفت بسیار مرتفع برای تولید طبیعی از آن بهره می‌برند

سهام مشارکت هر یک از این نیروها در رانش نفت متفاوت است و به وضعیت ساختمانی و زمین‌شناسی سنگ مخزن و خواص فیزیکی و ترمودینامیکی سیالات موجود در مخزن بستگی دارد. در مقابل این نیروها، نیروهای مخالفی نیز سبب محبوس نگه داشتن یا ایجاد تنگنا در بازیابی نفت می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها، نیروی فشار موئینگی سنگ مخزن و نیروی اصطکاک حاصل از حرکت سیال در خلل و فرج سنگ مخزن تا ته چاه است. برای استحصال و بازیافت کامل نفت، باید چنان نیرویی در اعماق مخزن

دو صورت امتزاجی و غیرامتزاجی وجود داشته باشد که بتواند علاوه بر غلبه بر نیروهای مخالف، موجب رانش نفت به سمت بالا گردد [۵]. کاهش و افت نیروهای موافق باعث می‌شود تا بازیافت نهایی کم شود، به همین دلیل برای بالابردن تولید از مخازن نفتی از روش‌هایی تحت عنوان "روش‌های ازدیاد برداشت" استفاده می‌شود. معمولاً ۳۰ درصد نفت به‌طور طبیعی از مخزن برداشت می‌گردد و ۷۰ درصد باقی‌مانده، نیازمند به کارگیری برخی روش‌های ازدیاد برداشت است [۶]. در شکل ۳، این روش‌ها به‌همراه خلاصه‌ای از چگونگی عملکردشان نشان داده شده‌اند.

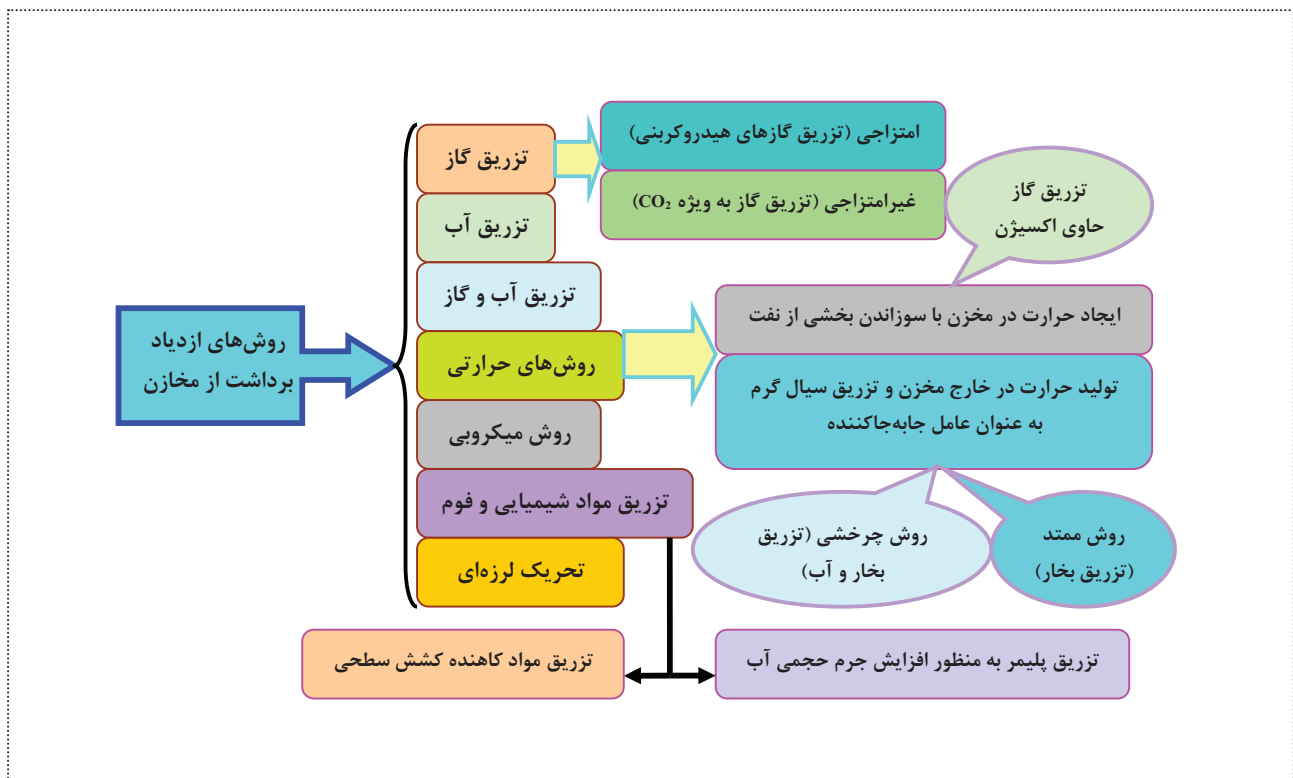
نفتی تزریق می‌شود. گاز تزریقی در قسمت بالای مخزن متراکم شده و با افزایش فشار مخازن، حرکت نفت را تسهیل می‌نماید. باید توجه داشت که نیازی نیست که گاز تزریقی حتماً از نوع ترکیبات هیدروکربنی باشد. در کشورهای صنعتی، برای تزریق از گازهای خروجی تأسیسات بزرگ صنعتی که بخش اعظم آن را CO_2 تشکیل می‌دهد، استفاده می‌شود. در این روش، راندمان از تزریق گازهای هیدروکربنی بالاتر است و فواید زیست محیطی نیز در پی دارد [۷].

دی‌اکسیدکربن یکی از در دسترس‌ترین امکانات موجود برای تزریق گازهای غیرهیدروکربنی به مخزن است. اکنون سال‌هاست که در میان روش‌های ازدیاد برداشت

نمای کلی فرآیند مدیریت مخازن

◆ روش‌های ازدیاد برداشت

• تزریق گاز: تزریق گاز به



۳ | انواع روش‌های ازدیاد برداشت از مخازن هیدروکربوری

تمام تلاش خود را صرف بازاریابی جهانی و منطقه‌ای این ماده با ارزش و پاک کرده‌اند تا بتوانند آن را به بازارهای خوبی چون اروپا، چین و هند صادر کنند. این کار، گذشته از سودآوری، جانشین مناسبی برای بخشی از درآمدهای نفتی ایران محسوب می‌شود؛ اما برخی معتقدند که گاز یکی از کم‌هزینه‌ترین و در دسترس‌ترین منابعی است که می‌تواند برای تزریق به مخازن نفتی و جلوگیری از افت طبیعی این مخازن به کار گرفته شود و با تداوم صادرات نفتی، ایران را در جایگاه کنونی خود حفظ کند. برخی از کارشناسان نفتی مناطق عملیاتی با ارایه منحنی‌های عرضه و تقاضا و تأکید بر تلاقی این منحنی‌ها در سال‌های اخیر، توجه کارشناسان را به وضعیت در شرف بحران کنونی

قیمت‌ش، سرنوشت بودجه مملکت عوض می‌شود؛ بنابراین باید برای این اقتصاد تک محصولی چاره‌ای اندیشید، اما به نظر نمی‌رسد که این اندیشه، حداقل در سال‌های اخیر، قابل تحقق باشد؛ از این رو حفظ وضعیت موجود و توسعه مخازن هیدروکربنی کشف شده، هم‌چنان یکی از دغدغه‌های اساسی است که توجه مدیران کشور را به خود معطوف کرده است. ایران دومین تولیدکننده بزرگ نفت خام اوپک بوده و پس از روسیه، بیش‌ترین ذخایر گازی جهان را در اختیار دارد؛ اما بهره‌برداری و توسعه این مخازن گازی و چگونگی کاربرد احتمالی روش‌های ازدیاد برداشت، مسأله‌ای است که مباحث فراوانی را پیش روی برنامه‌ریزان قرار داده است. سال‌هاست که فعالان حوزه گاز

کارشناسان، اقدامات صورت گرفته در زمینه برداشت صیانتی از مخازن نفتی ایران را مثبت و بخشی از افت ضریب بازیافت را ناشی از طول عمر چاه‌های کشور ارزیابی کرده‌اند؛ اما همگی بر این باور واحد بوده‌اند که با اقدامات گسترده‌تر می‌توان از زیان‌های آینده و کشته شدن تعداد بیش‌تری از چاه‌های نفتی جلوگیری کرد [۱۴].

تزریق گاز تنها به معنای تزریق گاز طبیعی استخراج شده از مخازن نیست؛ این طرح می‌تواند به معنای بازگرداندن گاز استخراج شده همراه نفت به درون چاه‌ها باشد؛ در حالی که اکنون بخش زیادی از این گاز، در سر چاه‌ها سوزانده می‌شود. گاز ماده‌ای است که تقریباً یک تنه جور اقتصاد تک محصولی ایران را به دوش می‌کشد و با بالا و پایین شدن

از مخازن نفتی، کشمکش میان طرفداران و مخالفان تزریق گاز طبیعی به موضوع جدی تبدیل شده است. شماری از کارشناسان صنعت نفت معتقدند که با معرفی روش‌های کاربردی دیگر می‌توان به این بحث پایان داد، اما مهم‌تر از لزوم تزریق گاز، زمان تزریق است؛ زیرا در صورتی که این زمان مشخص سپری شود، فرصت افزایش ضریب بازیافت نفت نیز از دست خواهد رفت. با سرمایه‌گذاری مناسب در زمینه تزریق گازهای CO_2 و N_2 به میدان‌های نفتی، می‌توان برخی از ذخایر نفتی را به ضریب بازیافت مناسبی بازگرداند. در شرایطی که بازدهی چاه‌های نفت در حال کاهش است، با صیانت از این مخازن و تزریق به موقع انواع گاز، می‌توان تولید چاه‌ها را بالا برد.



جلب کرده‌اند؛ این در حالی است که پیش‌بینی شده است که در ۱۵ سال آینده، ۶ کشور از جمع تولیدکنندگان اوپک خارج می‌شوند؛ بنابراین ایران با تأمین نیازهای بخش بالادستی نفت، می‌تواند به رفع تهدید افت تولید و استمرار صادرات نفت دست یابد که خود فرصت بزرگی برای کشور محسوب می‌شود [۱۴،۱۵].

از جمله اقدامات افزایش ضریب تولید نفت در کشور، نظارت بر شرط صیانتی بودن تولید، مدیریت مخزن و افزودن تعداد چاه‌های تولیدی است. البته به این فهرست می‌توان توسعه فن‌آوری تکمیل چاه‌ها را نیز اضافه کرد؛ این فن‌آوری می‌تواند به ایجاد شکاف‌های هیدرولیکی منجر شود. از سوی دیگر در ایران، فن‌آوری ایجاد شکاف‌های هیدرولیکی هنوز در فاز مطالعاتی به سر می‌برد. این فن‌آوری می‌تواند بر افزایش ضریب بازیافت نفت، تأثیر قابل توجهی داشته باشد. با توجه به خاصیت نفت دوست بودن مخازن ایران، بسیاری بر این باورند که بهترین راه برای افزایش ضریب بازیافت مخازن نفتی کشور، تزریق گاز به آن‌هاست و تزریق گاز باید به‌عنوان مهم‌ترین ابزار برای پیشگیری از افت فشار و افت تولید نفت، در اولویت قرار گیرد [۸،۹].

● **تزریق آب:** در این روش، آب به‌عنوان عاملی برای فشارافزایی مخزن به کار برده می‌شود. از جمله عوامل مؤثر بر فرآیند تزریق آب می‌توان به دبی تزریق آب، ویسکوزیته نفت، فشار موینگی، خاصیت ترشوندگی، نفوذپذیری، ابعاد مخزن، یکنواختی خواص سنگ مخزن و عمق مخزن اشاره کرد. در سال ۱۹۸۸، توماس و همکارانش بعد از انجام آزمایش‌ها و بررسی‌های گوناگون دریافتند که سنگ شناسی،

تخلخل و ضخامت شبکه بلوک‌ها نیز از عوامل مهمی هستند که می‌توانند بر برداشت نفت و نیز عملیات حفظ و نگه‌داری فشار مخزن در هنگام تزریق آب، مؤثر باشند [۷،۱۰].

با حرکت آب در مخزن، دمای آن افزایش یافته و میزان حلالیت مواد حل شده در آب نیز تغییر می‌کند. اگر مقدار حلالیت کاهش یابد، املاح در لوله‌های تزریق یا در سنگ مخزن رسوب می‌کنند. بر حسب نوع ترکیب، آب تزریقی می‌تواند با آب مخزن سازگار یا ناسازگار باشد. در زمینه تجانس آب‌ها، آزمایش‌ها و مطالعات زیادی در شرایط و مخازن مختلف انجام شده و برای محاسبه مقدار حلالیت رسوبات ناشی از اختلاط دو یا چند نمونه آب، مدل‌های مختلفی توسط محققین ارائه شده است. هم‌چنین جذب آب توسط سنگ مخزن‌های رسی می‌تواند باعث تورم آن‌ها شود که این امر، کاهش اندازه حفره‌ها 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 آماده‌سازی انجام شود. همین موضوع در صورت استفاده از چند منبع آب برای تزریق نیز صدق می‌کند. یعنی قبل از اختلاط آن‌ها، باید سازگاری و عدم تشکیل رسوب در اثر اختلاط، بررسی شود [۱۰].

● **تزریق آب و گاز:** برای افزایش فشار در مخزن، از تزریق متناوب آب و گاز نیز می‌توان سود جست [۱۱].
● **روش حرارتی:** یکی از مسائلی که با توجه به کاهش فشار و نوع نادر مخازن نفت کشور (کربناته شکافدار و ساختارهای نفت سنگین) باید مورد توجه قرار گیرد، انتخاب

روش صحیح ازدیاد برداشت است. از مهم‌ترین راه‌های ازدیاد برداشت از مخازن نفت، استفاده از روش‌های حرارتی است. از این روش‌ها معمولاً در بهره‌برداری از مخازنی که نفت آن‌ها نسبتاً سنگین است، استفاده می‌شود. این روش‌ها برای نفت خام با شاخص API بین ۱۰ تا ۲۰ درجه کاربرد دارند. حرارت‌دادن به منظور کاستن گرانی، شامل تزریق آب داغ یا بخار به درون مخزن یا ایجاد حرارت به کمک انرژی الکتریکی است. در این روش‌ها با استفاده از انرژی حرارتی، برخی از خصوصیات سنگ و سیال را تغییر می‌دهند و خروج نفت از مخزن را آسان می‌سازند [۱۱].

به‌طور کلی، روش‌های حرارتی ازدیاد برداشت را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

۱. **ایجاد حرارت در مخزن با سوزاندن بخشی از نفت:** این عمل با تزریق گاز دارای اکسیژن، حفره‌های تزریقی معین و ایجاد یک جبهه آتش پیش‌رونده صورت می‌گیرد. البته برای ایجاد این حرارت، روش‌های متفاوتی پیشنهاد شده است؛ ولی تنها در روش‌هایی که از گاز اکسیژن‌دار استفاده می‌شود، جبهه آتش در یک جهت حرکت کرده و می‌توان به نتیجه مطلوب رسید.

۲. **تولید حرارت در خارج از مخزن و تزریق سیال گرم به‌عنوان عامل جابه‌جا کننده:** این روش شامل تزریق بخار و آب به صورت مرحله‌ای و متناوب (تزریق چرخشی یا متناوب) یا تزریق بخار به‌طور ممتد می‌باشد و در چاه‌هایی که دارای نفت سنگین با ویسکوزیته بالا هستند، به کار برده می‌شود [۱۱،۷]. از این روش که در اواخر دهه پنجاه میلادی کاربرد زیادی داشته است، بیش‌تر در کالیفرنیا

و ونزویلا استفاده می‌شود؛ زیرا در این مناطق نسبت به سایر نقاط دنیا، نفت سنگین بیش‌تری وجود دارد. عاملی که باید در روش تزریق بخار کنترل شود، سرعت تزریق است. سرعت تزریق باید به‌صورتی 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 [۱۱،۱۲].

مطالعات انجام شده در مخازن ایران حاکی از وجود مخازن نفت سنگین و ساختارهای شکافدار است. درک پدیده بازیافت نفت از فضای ماتریکس به‌وسیله تزریق سیال با دمای بالا، از درک روش سیلاب‌زنی و تزریق مواد شیمیایی بسیار پیچیده‌تر می‌باشد؛ چرا که بازیافت در این روش، به چند مکانیزم بستگی دارد. بررسی تجارب تزریق آب گرم به مخازن کربناته شکافدار نشان از موفقیت‌آمیز بودن این روش دارد. هم‌چنان که گفته شد، با توجه به خصوصیات مخازن ایران (کربناته شکافدار) و وجود ذخایر نفت سنگین، یکی از مهم‌ترین گزینه‌های قابل مطالعه و تحقیق، روش‌های حرارتی ازدیاد برداشت است. یکی از مهم‌ترین گام‌هایی که باید در این راستا برداشته شود، شبیه‌سازی مخازن کشور به‌منظور آزمایش تزریق بخار و آب گرم، به‌ویژه در میادین نفت سنگین می‌باشد [۷].

● **تزریق مواد شیمیایی یا فوم:** این روش به‌منظور کاهش نیروی کشش سطحی بین سنگ و سیال، با تنظیم نسبت تراوایی به‌گراوری نفت مخزن، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی از میادین نروژ، استفاده از



[۲] سایت دنیای اقتصاد، آرشيو ۱۴ و ۱۵ شهریور ۱۳۸۴.

[۳] اسدزاده فرخانی، احمد، مدیریت مخازن نفت، شبکه تحلیلیگران تکنولوژی ایران.

[۴] دکتر مسیحی، سیاست‌های مدیریت و بهره‌برداری از مخازن، خبرگزاری ایسنا.

[۵] شاکرشیران، بهروز، لزوم رویکرد جدی به ازدیاد برداشت از مخازن نفتی، <http://alef.ir/1388>.

[6] B.supporting materials of oil recovery projections from application of enhanced oil recovery process, appendix.

[۷] اسدزاده فرخانی، احمد، روش‌های حرارتی ازدیاد برداشت از مخازن نفت، شبکه تحلیلیگران تکنولوژی ایران.

[۸] تزریق دی اکسید کربن به جای تزریق گاز به چاه‌های نفت <http://www.jahanshimi.com>

[۹] محمدی، فرهاد، صیانت از مخازن نفت کشور، شبکه تحلیلیگران تکنولوژی، گزارش‌های تحلیلی، کد ۵۶۷.

[۱۰] انجمن علوم و فنون پارس، <http://sstc.semnan.mihanblog.com>.

[۱۱] قلبی‌قزی‌زاده، مریم، روش‌های ازدیاد برداشت از مخازن نفت سنگین، مجله اکتشاف و تولید.

[۱۲] ادیبی، سیامک، روش‌های ازدیاد برداشت از مخازن نفتی و کاربرد آن در کشور، <http://www.itan.ir>

[۱۳] سایت مهندسی نفت، <http://naftine.blogfa.com>

[۱۴] ماهنامه اقتصاد انرژی، شماره ۲۹ مهر ۱۳۸۰.

[۱۵] انواع تزریق به مخازن نفت و اهمیت حفظ مخازن به روش تزریق، <http://www.daneshju.ir/forum>

[۱۶] صیانت از مخازن نفتی، سایت باشگاه مهندسان ایران.

باشد. به‌طور کلی در مورد مخازن نفت ایران، به دلیل نوع مخازن و ویژگی نیروهای کشش بین سطحی، تخلیه ثقلی و غیره، هم‌چنین سایر مسایل اقتصادی، تزریق آب نسبت به تزریق گاز دارای مزیت کم‌تری است. از لحاظ صیانت نیز با استفاده از روش تزریق گاز می‌توان نفت بیش‌تری تولید کرد و بعدها نیز از گاز ذخیره شده در مخازن استفاده نمود. معمولاً پروژه‌های تزریق با توجه به قیمت‌های بازار نفت تعریف می‌شوند و ممکن است پروژه‌ای که امروز مقرون به صرفه باشد، در چند هفته آینده متوقف شده و روش‌های دیگری پیاده شوند. پس برای صرفه‌جویی در هزینه، مطالعه وضعیت بازار و قیمت‌ها از اولویت‌های پروژه‌های تزریق می‌باشند. تعیین نوع تزریق نیز به مواد مورد استفاده و نزدیک بودن مواد اولیه مورد نیاز بستگی دارد. ممکن است در جایی تزریق آب مناسب باشد، ولی به علت دور بودن از منبع آب، این روش از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و از اولویت دوم تزریق، مثلاً تزریق گاز، استفاده شود. ولی در هر صورت، به علت هزینه‌های بالای تزریق و زمان بر بودن بازگشت سرمایه در این پروژه‌ها، شرکت‌ها قبل از عملیات، مطالعات گسترده زمین‌شناسی، مخزنی و ژئوفیزیکی انجام می‌دهند. از مطالب گفته شده چنین بر می‌آید که باید به مدیریت و صیانت از مخزن، به جای یک سری از تکنیک‌های تصادفی و نامرتبط، به صورت فرآیندی جامع و نظام‌یافته نگرینسته شود و این مهم، به یک تلاش جدی و همه‌جانبه نیاز دارد.

منابع

[۱] ریاضی، محمدرضا، مهندسی مخازن نفت و گاز، دانشگاه صنعتی شریف، انتشارات علمی، ۶ خرداد ۱۳۸۶.

دیگری به اندازه ۴۸ بشکه کاهش برداشت داشته باشند؛ این امر نشان از پیچیده بودن عملکرد این امواج بر مخزن دارد. در زلزله دیگری که در تاریخ ۱۴ می ۱۹۷۰ در تاجیکستان رخ داد، تغییر مثبتی در چاه‌های نفتی مشاهده گردید؛ این تغییر تا مدت‌ها ادامه داشت. ناگفته نماند که بهره‌برداری از این چاه‌ها سال‌ها متوقف شده بود. کار و تحقیق روی امواج در اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹ انجام شد و مشخص گردید که زمین‌لرزه‌ها قادرند امواج الاستیک را درون زمین منتشر کنند. حرکت امواج لرزه‌ای در مخازن ماسه‌ای باعث حرکت ذرات سازنده سنگ می‌شود، این حرکات باعث تبدیل دانه‌های درشت‌تر به دانه‌های ریزتر می‌گردد. با توجه به این‌که تخلخل و تراوایی دانه‌های ریزتر در طبیعت کم‌تر می‌باشد، این مورد می‌تواند یک تأثیر منفی به شمار آید [۵، ۷].

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در ایران برای ازدیاد برداشت، از روش‌های تزریق گاز و آب استفاده می‌شود. اما در بحث تزریق گاز، شرایط ایران بسیار استثنایی است؛ چرا که اولاً ایران دارای مخازن عظیم‌گازی است، از این‌رو می‌توان گاز را با هزینه بسیار ناچیز، تولید و سپس به مخازن نفت تزریق نمود. ثانیاً این‌که با توجه به مسأله صیانت، حدود ۹۰ درصد از گاز تزریق شده به مخازن، به شکل گاز همراه یا گاز کلاهدک در مخزن ذخیره می‌شود و پس از پایان کار، بخش اعظمی از آن، مجدداً قابل بازیافت و استخراج می‌باشد. در سایر کشورها، به دلیل ماهیت خصوصی بودن صنعت نفت، خود سرمایه‌گذاران حاضر به ذخیره‌کردن گاز تزریقی به مدت چند سال نیستند، بنابراین تزریق گاز برای این کشورها ممکن است غیراقتصادی

روش تزریق فوم و مواد شیمیایی، به صورت آزمایشی با موفقیت انجام شده است. روش‌های تزریق مواد شیمیایی، به علت گران بودن مواد تزریقی، معمولاً برای مخازن کوچک مناسب هستند. در هنگام استفاده از پلیمرها باید توجه داشت که این مواد باعث بسته‌شدن کامل تراوایی سنگ مخزن نشوند. مخازن ایران عمدتاً کربناته شکافدار با دمای بالا بوده و به همین دلیل، روش‌های شیمیایی در مخازن ایران کارآیی چندانی ندارند. نکته دیگر این‌که، مخازن ایران دارای تراوایی پایین و وسعت بالا هستند، از این‌رو به مواد شیمیایی زیادی نیاز دارند؛ این عامل نیز به نوبه خود، استفاده از مواد شیمیایی را محدود می‌کند. هم‌چنین دمای بالای مخازن موجب از دست‌رفتن خواص پلیمر می‌شود، بنابراین استفاده از مواد شیمیایی را نمی‌توان روش چندانی مناسبی برای مخازن ایران دانست؛ هر چند که انتخاب روش ازدیاد برداشت نیازمند مطالعات و امکان‌سنجی‌های دقیق اقتصادی و فنی است [۱۳].

● **روش میکروبی:** استفاده از میکروب‌ها برای تولید گاز به منظور افزایش بازده یا دفع موادی که باعث کاهش غلظت و گرانبروی نفت و انتقال آسان آن به سمت چاه‌های تولیدی می‌گردد، تحت عنوان روش MEOR شناخته می‌شود. روش‌های میکروبی از روش‌های نوین افزایش بازده ذخایر به‌شمار می‌روند و از جنبه‌های نوین کاربرد علوم بیوتکنولوژی در صنعت نفت می‌باشند [۱۱].

● **روش تحریک لرزه‌ای:** رابطه بین امواج لرزه‌ای و افزایش برداشت، اولین بار در دهه ۱۹۵۰ میلادی در فلوریدا مشاهده شد. بدین ترتیب که این امواج موجب گردید که دو چاه از دو مخزن مجاور، یکی به اندازه ۱۴ بشکه افزایش برداشت و