



# آسیب‌شناسی اجرای روش‌های ازدیاد برداشت در ایران

علیرضا حاجی‌زاده ■ مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی شرکت ملی نفت

## مقدمه

بر اساس آخرین برآوردهای آژانس بین‌المللی انرژی تقاضای جهانی انرژی از حدود ۲۵۰ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۲۰۱۰ به بیش از ۳۵۰ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۲۰۳۵ افزایش خواهد یافت. در این میان، نفت خام و سایر انرژی‌های فسیلی مثل گاز طبیعی و زغال‌سنگ با سهم ۸۵ درصدی مهم‌ترین نقش را در تأمین نیاز آتی انرژی جهان بر عهده خواهند داشت. پر واضح است که با افزایش نیاز جهانی به انرژی‌های فسیلی، نقش ایران به عنوان بزرگ‌ترین دارنده ذخایر متعارف نفت و گاز جهان تعیین‌کننده خواهد بود.

این موضوع در شرایطی است که استمرار و افزایش تولید از مخازن عظیم کشور که بعضاً در نیمه دوم عمر تولیدی خود قرار دارند، نیازمند اجرای طرح‌های بهبود یا افزایش برداشت (IOR/EOR) نفت خام و گاز طبیعی است. بر این اساس در خصوص

انجام مطالعات جامع در کلیه مخازن کشور جهت شناخت مخازن از دیدگاه خواص استاتیک، مکانیزم‌های تولیدی، چالش‌های بهره‌برداری و در نهایت مدیریت مخزن در راستای افزایش تولید صیانتی، برنامه‌ریزی‌هایی در شرکت ملی نفت ایران در حال انجام است. چگونگی استفاده از روش‌های جدید برنامه‌ریزی و پایش و بهبود روش‌های تولید از مواردی است که بیش از پیش مورد توجه مسئولین امر در بخش‌های عملیاتی و نیز ستادی وزارت نفت قرار گرفته است. در همین راستا و به منظور اجرای ماده- ۱۳۰ قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه کشور جهت افزایش یک درصدی ضریب بازیافت از مخازن، برنامه جامع صیانتی و ازدیاد برداشت شرکت ملی نفت نیز تهیه شده است.

کاربرد روش‌های ثالثیه تولید از مخازن موسوم به روش‌های ازدیاد برداشت، به منظور افزایش ضریب بازیافت هیدروکربور از مخازن تحت‌الارضی موضوعی است که

به دهه ۶۰ میلادی باز می‌گردد. امروزه نمونه طرح‌های موفق تجاری در استفاده از روش‌های متعدد حرارتی، تزریق مواد شیمیایی، تزریق امتزاجی گازهای هیدروکربوری و غیر هیدروکربوری به سهولت یافت می‌شود و در برخی موارد جزئیات اجرا و چالش‌های پیش‌روی اجرای این‌گونه طرح‌ها نیز در مقالات، کتب و سمینارهای مهندسی نفت ارائه شده است. نکته مثبت در این خصوص آنست که در شرکت ملی نفت ایران آگاهی مناسبی از ماهیت، پس‌زمینه‌های علمی و بعضاً مراحل اجرایی برخی روش‌ها وجود دارد. آنچه شرکت ملی نفت تاکنون کمتر از آن بهره برده، تجربیات مورد نیاز برای اجرای موفق طرح‌های ازدیاد برداشت است. هم‌چنین در نحوه نگرش به امر ازدیاد برداشت، ضرورت آن، تقسیم مسئولیت‌ها در بخش‌های عملیاتی و ستادی، اولویت‌بندی اجرا و پژوهش، پرهیز از موازی‌کاری و در یک کلام مدیریت کلان این موضوع

نکاتی وجود دارد که در ادامه به اجمال به آنها خواهیم پرداخت.

### ۱- رویکرد متولیان امر به مقوله ازدیاد برداشت

افت تولید مخازن که به واسطه کاهش انرژی (فشار) مخزن، مشکلات تولیدی ناشی از میان شکن گاز و آب در چاه‌ها و بسیاری موارد دیگر رخ می‌دهد، امری اجتناب‌ناپذیر است که با استمرار تولید از مخازن اتفاق خواهد افتاد و زمان آن بسته به ماهیت سیال، سنگ، شرایط فشار و دمای مخزن، مکانیزم‌های حاکم بر تولید و هم‌چنین مدیریت تولید از مخزن متفاوت خواهد بود. مخازن ایران به خصوص به واسطه ماهیت سنگشان که عمدتاً از نوع کربناته شکاف‌دار است، از پیچیده‌ترین انواع مخازن دنیا به شمار می‌روند. خصوصیات پتروفیزیکی مربوط به قابلیت ذخیره‌سازی (تخلخل) و انتقال سیال (تراوایی) در این سنگ‌ها در کنار محیط دوگانه ماتریس و شکاف، تولید بهینه از این مخازن را به هنری ویژه در مهندسی مخزن تبدیل کرده است. از این جهت به جرأت می‌توان گفت تجربیات با ارزش و فراوانی در شرکت ملی نفت ایران در خصوص نحوه تولید از این مخازن طی سال‌های متمادی به دست آمده است. از مدت‌ها پیش نیز روش‌های بهبود برداشت (IOR) در قالب روش‌های تولید اولیه (فرازآوری‌های مصنوعی، حفر چاه‌های اضافی) و ثانویه (تزریق گاز یا آب) در مخازن اعمال شده و تولید اضافی<sup>۱</sup> قابل توجهی نیز از این طریق حاصل گردیده است.

با وجود موفقیت‌های حاصل از کاربرد روش‌های تولید ثانویه در حفظ یا افزایش سقف تولید از مخازن کشور، تعداد

معدودی از متخصصان صنعت نفت معتقدند که ماهیت مخازن کربناته ایران به گونه‌ای است که ضریب بازیافت از این مخازن به طور کلی پایین بوده و لذا در حقیقت ضرایب بازیافت کنونی حداکثر میزان قابل برداشت از این مخازن است. شاهد ادعای ایشان نیز مثال‌هایی از مخازن کربناته شکاف‌دار دنیا با ضرایب بازیافت پایین است و به این دلیل در بخش‌های فنی یا مدیریتی شرکت‌های تابعه در خصوص قبول مسئولیت افزایش ضرایب بازیافت بعضاً مقاومت‌هایی مشاهده می‌گردد.

در این خصوص باید اشاره کرد که تجربه تولید از مخازن مختلف از جمله مخازن شکاف‌دار در عربستان و آمریکای جنوبی مثل میدان کانترا ل برزیل (با ضریب بازیافت ۵۴ درصد) نشان می‌دهد که مسئله افزایش ضریب بازیافت مخازن کربناته شکاف‌دار تا حدود بالای ۵۰ درصد نه تنها موضوع غیرممکنی نیست بلکه نمونه‌های عملی آن نیز در دنیا وجود دارد. ضمن اینکه ضریب بازیافت میدان گچساران نیز به نسبت زیاد (در حدود ۵۰ درصد) است. اما به نظر می‌رسد مقاومت‌هایی که بعضاً در شرکت‌های بهره‌بردار در خصوص امکان افزایش ضریب بازیافت وجود دارد بیشتر ناظر به مسائل مدیریتی است، نه عوامل فنی. به عنوان نمونه در بسیاری موارد ابزار لازم برای اجرای طرح‌های بهبود یا ازدیاد برداشت برای شرکت‌های بهره‌بردار فراهم نیست؛ از مقدار گاز مورد نیاز برای تزریق گرفته تا تعداد دکل حفاری کافی برای حفر چاه‌های جدید یا تعمیر چاه‌های قدیمی و بودجه مورد نیاز برای توسعه و نوسازی

تأسیسات بهره‌برداری و توسعه مخازن با در نظر گرفتن شرایط خاص هر مورد. از سوی دیگر به نظر می‌رسد مدیریت ناظر بر عملکرد شرکت‌ها نیز نیازمند تجدید در نگرش، ساختار و جدیت در پیگیری کارهاست. در شرکت‌های معتبر و موفق دنیا همواره جدالی تمام نشدنی بین بخش عملیاتی سازمان (مسئول انجام کار) و بخش مدیریتی سازمان (مسئول رفع موانع بودجه‌ای و درخواست نتیجه از بخش فنی) وجود دارد. پر واضح است که شرکت بهره‌بردار نسبت به میزان تعهدات تولیدی محتاط است تا بتواند از عهده پاسخگویی بخش‌های مدیریتی سازمان برآید. در نتیجه تنها تعامل سازنده بین این دو بخش است که می‌تواند سبب دست‌یابی به توافق بین بخش‌های فنی و برنامه‌ریزی به منظور همکاری در اجرای طرح‌های ازدیاد برداشت گردد. در این صورت است که هیچ‌یک از بخش‌ها خود را به تنهایی مسئول پاسخ‌گویی نخواهد دید و لذا تلاش‌ها بر همکاری در جهت فهم مشکلات و برطرف نمودن آنها هدایت خواهد شد. خوشبختانه با تشکیل دبیرخانه تخصصی ازدیاد برداشت در شرکت ملی نفت گام‌های ابتدایی در این خصوص برداشته شده است.

### ۲- مسئول و متولی ازدیاد برداشت

به منظور اجرای یک پروژه ازدیاد برداشت باید ابعاد مختلف آن بررسی شود. بعد فنی که شامل انجام مطالعات مقدماتی و اجرای روش‌های غربال‌گری بر روی مخازن و انتخاب روش‌های محتمل، انجام آزمایش‌ها در مقیاس آزمایشگاهی توسط مؤسسات پژوهشی/دانشگاهی، انجام مطالعات شبیه‌سازی و اجرای سناریوهای مختلف، بررسی اقتصادی طرح، طراحی و اجرا در مقیاس پایلوت، پایش نتایج و در صورت نیاز تصحیح آن و در نهایت اجرای طرح در مقیاس میدانی، پایش و



در بخش‌های برنامه‌ریزی و پژوهش و با نگرش پیش‌گیری از تشکیل کمیته‌های مختلف و پرهیز از موازی کاری، در بخش اجرای طرح‌های ازدیاد برداشت به انجام وظایف محوله خواهد پرداخت.

### ۳- از کجا باید شروع کرد؟

مدت زمان بسیار طولانی است که فرآیند اجرای تولید صیانتی و نیز توسعه روش‌های بهبود برداشت از مخازن چه در قالب روش‌های چاه‌محور و چه در قالب روش‌های بازیافت ثانویه در شرکت‌ها عملی شده و نتایج مثبت آنها مشخص گردیده است. ولی در خصوص روش‌های ازدیاد برداشت (روش‌های ثالثیه) هنوز در مراحل ابتدایی قرار داریم. قدم‌های مثبتی مثل شروع طرح‌های تزریق امتزاجی در میدان رامشیر، تزریق دی‌اکسید کربن در میدان رامین و طرح تزریق مواد فعال سطحی در میدان اسفند در فلات قاره همگی نویدگر برداشتن گام‌های عملی در زمینه

فنی-مدیریتی متشکل از مدیران فنی<sup>۲</sup> و مدیران عامل<sup>۳</sup> خواهند بود تا معضلات مالی و علل عدم پیشرفت کار بررسی و رفع گردند. این در حالی است که در کشورمان همواره ازدیاد برداشت تنها در بخش پژوهش دیده شده و می‌توان گفت گامی در جهت اجرایی شدن این پژوهش‌ها در شرکت‌ها برداشته نشده است. همین نوع تقسیم‌بندی وظایف در بخش‌های پژوهشی و اجرایی سبب شده تا کارهای پژوهشی عملاً و در بُعد اجرایی نتیجه در خوری نداشته باشد.

مدت زمان کوتاهی است که خوشبختانه با درک لزوم تغییر در این نحوه اولویت‌بندی زیرمجموعه‌هایی در بدنه فنی شرکت‌های بهره‌بردار با عنوان بخش ازدیاد برداشت تشکیل شده و یا در حال تشکیل است. هم‌چنین دبیرخانه‌ای در شرکت ملی نفت تشکیل گردیده که با همکاری نزدیک کلیه شرکت‌ها و مدیریت‌های تولیدی تابعه شرکت ملی نفت و سایر ارگان‌های وزارتی

بهینه‌سازی آن می‌باشد. باید توجه داشت که زمان زیادی است که فعالیت‌های مربوط به ازدیاد برداشت در مقیاس مطالعات کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی در قالب طرح‌های پژوهشی شرکت‌ها توسط مراکز پژوهشی و دانشگاه‌ها به انجام رسیده و یافته‌هایی نیز حاصل شده است. ولی این نتایج هیچ‌گاه در مقیاس میدانی عملی نشده است. اما علت چیست؟

با نگاهی به روش کار در شرکت‌های بزرگ نفتی جهان به سهولت در می‌یابیم که همواره طرح‌های توسعه و تولید از جمله طرح‌های ازدیاد برداشت، در بخش‌های مهندسی و اجرایی شرکت‌ها تعریف و اجرا می‌شوند. بخش‌های پژوهشی همواره به عنوان بازوی علمی و به منظور رفع یک ابهام و یا بهینه کردن کار در جایی که لازم است در کنار بدنه فنی سازمان به شکل موضعی فراخوانده شده و انجام وظیفه می‌نمایند. بخش‌های اجرایی به نوبه خود پاسخ‌گوی کمیته‌های

برخی از معیارهای انتخاب روش‌های ازدیاد برداشت



Process	Oil gravity (°API)	Oil viscosity (cP)	Oil saturation (%)	Formation type	Net thickness (ft)	Average permeability (mD)	Depth (ft)	Temp (°F)
Miscible								
Hydrocarbon	>35	<10	>30	Sandstone or carbonate	15-25	— <sup>a</sup>	>4500	— <sup>a</sup>
Carbon dioxide	>25	<12	>30	Sandstone or carbonate	15-25	— <sup>a</sup>	>2000	— <sup>a</sup>
Nitrogen	>35	<10	>30	Sandstone or carbonate	15-25	— <sup>a</sup>	>4500	— <sup>a</sup>
Chemical								
Polymer	>25	5-125	— <sup>b</sup>	Sandstone preferred	— <sup>a</sup>	>20	<9000	<200
Surfactant-polymer	>15	20-30	>30	Sandstone preferred	>10	>20	<9000	<200
Alkaline	13-35	<200	— <sup>b</sup>	Sandstone preferred	— <sup>a</sup>	>20	<9000	<200
Thermal								
Steamflooding	>10	>20	>40-50	Sand or sandstone with high porosity	>10	>50	500-5000	— <sup>a</sup>
Combustion	10-40	<1000	>40-50	Sand or sandstone with high porosity	>10	>50	>500	— <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Not critical but should be compatible.

<sup>b</sup> Ten percent mobile oil above waterflood residual oil.

از دیاد برداشت در کشور است. این روش‌ها و میداین بر اساس غربال‌گری‌های انجام شده در شرکت‌های بهره‌بردار انتخاب شده‌اند.

#### ۴- غربال‌گری روش‌های ازدیاد برداشت

انتخاب روش یا روش‌های مناسب از دیاد برداشت در یک مخزن خاص بسته به شرایط مختلف آن مخزن را در اصطلاح غربال‌گری می‌نامند. از میان روش‌های پیشنهاد شده بررسی مجددی بر اساس معیارهای فنی صورت گرفته و به وسیله بهینه‌سازی روشی که بیشترین ضریب بازیافت را دارد (روش‌ی که اقتصاد مناسب‌تری دارد، روشی که زودتر به نتیجه می‌رسد، روشی که در کشور قابلیت اجرا دارد و ...) انتخاب می‌شود. در جدول ۱ نمونه‌ای از معیارهای انتخاب روش‌های از دیاد برداشت بر اساس معیارهای فنی ارائه شده است.

به نظر می‌رسد که با توجه به شرایط مخازن ایران از نظر نوع سنگ، متوسط خواص پتروفیزیکی، عمق، دما و فشار مخزن، وجود کلاهیگ گازی، قدرت آبدی مخزن، شاخص سنگینی نفت، میزان شوری آب سازند و غیره در برهه کنونی مناسب‌ترین روش‌های از دیاد برداشت استفاده از تزریق امتزاجی گازهای

هیدروکربوری، دی‌اکسیدکربن و در مرحله بعد تزریق پلیمر در مخازن تحت تزریق آب باشند. در واقع در این مرحله از کار تنها باید روش‌هایی که در دنیا بازده مناسب داشته‌اند و مثال‌های موفق تجاری از آنها در دنیا موجود است را دنبال کرد. هم‌چنین با توجه به هزینه فراوان مواد شیمیایی، تأسیسات و تجهیزات اجرا شامل سیستم‌های کنترلی، چاه‌های افقی، سیستم‌های هوشمند و غیره ضروری است هزینه به ازای هر بشکه تولیدی برآورد شده و اقتصاد طرح بر اساس آن سنجیده شود. امکان تهیه مواد و تجهیزات لازم اجرای طرح در دوره طولانی اجرای طرح‌های مختلف نیز موضوعی است که اجرای طرح‌های از دیاد برداشت را با چالش‌های جدی روبرو می‌کند. بر این اساس لازم است طرح‌های پژوهشی ساخت مواد شیمیایی مثل مواد فعال‌سطحی، پلیمرهای قابل استفاده در شرایط دما، فشار و شوری آب سازند در مخازن کشور، ساخت آلیاژهای مناسب با قابلیت ضد خوردگی زیاد و موارد مشابه نیز به موازات تعریف و انجام گردند.

**جمع‌بندی و نتیجه‌گیری**

امروزه بیش از هر زمان دیگری ضرورت اجرای روش‌های از دیاد برداشت در کشور احساس می‌شود. بر این اساس ضروری است ضمن همکاری بخش‌های مختلف عملیاتی و ستادی در بدنه شرکت ملی نفت گامی جدی در راستای اجرایی کردن این روش‌ها برداشته شود. انتخاب نگرش اجرایی (در مقابل نگرش پژوهشی) می‌تواند اولین قدم در این زمینه باشد. غربال‌گری روش‌های مختلف برای تعدادی از میداین در شروع کار، بررسی اقتصادی طرح‌ها و امکان فراهم کردن مواد و تجهیزات لازم نیز باید به صورت هم‌زمان صورت پذیرد. برنامه‌ریزی‌ها نیز باید در دو بخش میان‌مدت و طولانی‌مدت انجام شود. مرکزیت کار نیز باید در تعامل بین شرکت‌های بهره‌بردار و ستاد شرکت نفت قرار گرفته و پیگیری منظم و جدی کار طی جلسات مداوم مد نظر قرار گیرد. در این راستا باید راهکارهای انتخاب، استفاده بهینه و مدیریت کار پیمانکاران اجرایی، مشاوران مطالعاتی و مؤسسات دانشگاهی و پژوهشی صرفاً جهت انجام یا حل معضلاتی که صنعت با آنها مواجه می‌شود، تدوین گردد. ضمن اینکه ثبات تصمیمات مدیریتی در اجرای کار و قبول ماهیت این طرح‌ها از دیدگاه هزینه تولید به ازای یک بشکه تولیدی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

#### پانویس‌ها

<sup>1</sup>incremental production

<sup>2</sup>technical managers

<sup>3</sup>executive managers

#### منابع

- |  |  |
|--|--|
| [1] EOR maximizing recovery factors, TOTAL E&P Report 2012   | [4] Annual Energy Outlook: with projections to 2035, DOE/ EIA 2012   |
| [2] ENHANCED OIL RECOVERY (EOR) FIELD DATA LITERATURE SEARCH, Larry W. Lake, Mark P. Walsh, Department of Petroleum and Geosystems Engineering University of Texas at Austin, Austin, TX, 2008 | [5] BP Statistical Review of World Energy, June 2012   |
| [3] World Oil Outlook, 2012  | [6] Enhanced Oil Recovery, Ronald E. Terry, Brigham Young University, 2001   |
|  | [7] Enhanced Oil Recovery I – Fundamentals and Analysis, Donaldson E. C. Chilingarian G. V. and Yen T. F., Elsevier 1985 |