

# مدیریت مخازن مشترک

محمد علی کارگرپور ■ شرکت مهندسی و توسعه نفت

## مقدمه

طی دهه اخیر با کشف مخازن بزرگ هیدروکربوری در مناطق مرزی کشور، نحوه توسعه آنها در رده‌های مختلف سازمانی در سطح شرکت ملی نفت ایران بررسی شده است. در این نوشتار سعی گردیده تا از دید فنی به مدیریت این گونه مخازن پرداخته شود. مورد مهم در توسعه بهینه مخازن مشترک، شناخت نحوه اشتراک با بخش مخزنی کشور همسایه است. همچنین، چیدمان چاه‌های تولیدی می‌تواند در توسعه بهینه بخش داخلی مخزن مشترک تأثیر به‌سزایی داشته باشد. اجرای یک روش باز یافت پیشرفته در مخازن مشترک چالشی بزرگ است که باید به‌صورت بهینه مدیریت شود.

## ۱- چالش‌ها

در راهبری مخازن مشترک، علاوه بر چالش‌های معمول توسعه مخازن، همانند تعداد و محل چاه‌ها، میزان تولید، طراحی و اجرای برنامه‌های باز یافت پیشرفته (IOR/EOR)، می‌توان به چالش‌هایی از قبیل بررسی نحوه اشتراک مخزن یا مخازن میدان با کشور همسایه و نیز نحوه کاهش سرعت حرکت سیال به سمت بخش خارجی (مربوط به کشور همسایه)

اشاره کرد. البته باید به این امر توجه شود که در مخازن داخلی در نهایت برای تعیین روش (سناریوی) برتر جهت توسعه میدان، اقتصاد بلندمدت پروژه است که تصمیم‌ساز می‌شود اما در مدیریت مخازن مشترک، علی‌القاعده اقتصاد کوتاه‌مدت پروژه و حتی در مواردی سیاست خارجی در تصمیم‌گیری نهایی مؤثر است. از نظر فنی، مهم‌ترین مشکل در شناخت مخزن که می‌تواند بر مدیریت مخزن تأثیر منفی داشته باشد، فقدان اطلاعات بخش خارجی مخزن است.

## ۲- توسعه بهینه و علمی مخازن مشترک

همان‌گونه که در بسیاری از نقاط دنیا معمول است، علمی‌ترین روش مدیریت مخازن مشترک، تشکیل کمیته مشترک مدیریت این‌گونه مخازن است. این امر نه تنها باعث تولید بهینه از مخزن می‌شود، بلکه بیشترین منافع بلندمدت ملت‌های صاحب مخزن را تأمین می‌کند. در این موارد شاید کاراترین روش، سپردن توسعه مخزن به شرکتی بین‌المللی با سوابق روشن و مفید در توسعه مخازن است. اجرای این روش حتی می‌تواند در بهبود روابط نه تنها سیاسی و اقتصادی کشورها مؤثر باشد، بلکه باعث ارتقای روابط اجتماعی ملت‌ها شود

و درک متقابل ملت‌ها را از یکدیگر بالا برد. باید توجه شود، حتی درباره توسعه یکپارچه یک مخزن هیدروکربوری با ابعاد معمول در منطقه خاورمیانه (طول و عرض چند ده کیلومتری با ضخامت چند صد متری و در اعماق حدود ۳۰۰۰ متری و پایین تراز سطح زمین)، آنقدر پیچیدگی و ضرایب عدم اطمینان بر مطالعات فنی و عملیات توسعه حاکم است که در موارد زیادی دستیابی به اهداف توسعه را با شکست مطلق یا شکست نسبی همراه کرده است. حال اگر اطلاعات بخشی از مخزن در اختیار تیم توسعه‌دهنده نباشد، با اطمینان می‌توان گفت که هر دو کشور یا کشورهای صاحب مخزن، خواسته یا ناخواسته به تولید غیرصیانتی از مخزن اقدام می‌کنند. بنابراین، تلاش در راستای تشکیل تیم‌های مدیریت مشترک این مخازن بسیار مهم است و ارزش «سرمایه‌گذاری سیاسی» زیادی می‌توان برای آن قائل شد.

با توجه به شرایط فعلی حاکم بر جغرافیای سیاسی منطقه، به نظر می‌رسد دستیابی به این هدف در کوتاه‌مدت با مشکلات زیادی همراه است. بدین لحاظ، تلاش شده است در بخش‌هایی که در ادامه می‌آیند، به برخی نکات فنی که باید در توسعه این‌گونه مخازن توجه قرار شود، اشاره کرد.



### ۳- تعریف مخزن مشترک

موردی که به تازگی در توسعه مخازن مشترک پیش آمده، موضوع «تعریف» این گونه مخازن است. به طور معمول و در تصور غیر کارشناس، عبور خط مرزی از نقشه آخرین منحنی بسته مخزن، بیانگر مشترک بودن مخزن شناخته شده است. هر چند این شرط لازم است، برای اظهار نظر جزئی در مورد مشترک بودن یک مخزن کافی نیست. متأسفانه، در جلسات رسمی که در حضور تصمیم گیران تشکیل می شود، افراد غیر کارشناس، اما «پُرسو و صد» با تکیه بر نقشه ای ساده که نشانگر عبور خط مرزی از بخشی از میدان است، حتی در مقابل کارشناسان فن، حکم محتوم و مطلق بر مشترک بودن فلان مخزن می دهند و با اعلام رقمی غیرمستند از تولید آن طرف مرز، مسئولان را به اخذ تصمیماتی لحظه ای مجبور می کنند که موجب ایجاد تعهدات غیرلازم برای شرکت ملی نفت ایران و کشور می شود. یک فرد کارشناس مخزن، نه تنها در این گونه موارد، بلکه در مورد سایر مخازن نیز با لحاظ ضرایب عدم اطمینان و بکارگیری کلماتی از قبیل «شاید»، «ممکن است»، «اگر اینطور باشد»، «با فرض»، ... در مورد عملکرد مخزن حکم می کند. در هر حال لازم است، به ویژه در موضع تصمیم گیری، به این نکته توجه شود که یک مخزن هیدروکربوری زیرزمینی محیطی متخلخل است و قوانین حاکم بر این گونه محیطها در اساس و پایه با محیطهای معمول مانند خطوط لوله یا حوض و استخر تفاوت دارد. یک مخزن هیدروکربوری «یک کاسه» پر از نفت نیست که با وارد کردن چند نی (چاه) در آن بتوان هر چقدر خواست از آن کاسه مکید. بله، در شرایط خاص و با اما و اگرهای زیاد می توان گفت خط مرزی، تقسیم کننده مخزن به بخش داخلی و خارجی است. همچنین تولید غیرصیانتی از یک سوی مرز باعث مهاجرت نفت به دیگر سوی خواهد شد.

می توان به صورت صریح و قاطع گفت، حتی در مورد مخزنی که مالک آن یک کشور است نیز به دلیل فقدان اطلاعات لازم از جزئیات مخزن، برنامه توسعه و تولید مخزن باید

به صورت پویا و براساس به روزترین اطلاعات تولید اصلاح شود. حال وقتی، فقط اطلاعات اولیه بخشی از مخزن در اختیار باشد، مطمئناً طرح توسعه مخزن بهینه و صیانتی نخواهد بود. آیا تولید غیرصیانتی از یک بخش مخزن، لزوماً به معنای رانش سیال مخزن به سمت کشوری خواهد بود که تولید غیرصیانتی کرده است؟ پاسخ به این سؤال نه صددرصد مثبت است و نه صددرصد منفی. البته به طور قطع می توان گفت، هر گونه تولید غیرصیانتی از هر بخش مخزن، کاهش شدید میزان نهایی هیدروکربور قابل بازیافت از آن بخش را در پی خواهد داشت. برای اعلام نظر درباره تأثیر تولید غیرصیانتی یک بخش از مخزن بر عملکرد سایر بخشهای آن، لازم است مخزن شبیه سازی شود. از طرف دیگر، برای همه مخازن نمی توان یک حکم صادر کرد و لازم است برای هر مخزن براساس مشخصات آن و مدل مخزنی ساخته شده و گزینه های مختلف تولید هر بخش، جداگانه پاسخ داده شود.

بدیهی است در مورد یک مخزن خاص با شرایط زیر، نه تنها پاسخ مثبت است، بلکه موجب هرزرفت نفت (در مخازن نفتی) یا مایعات گازی (در مخازن گازی) در سایر بخش های مخزن می شود:

- مخزن بطور ایدئال همگن و یکنواخت (Homogeneous) باشد.
- سنگ مخزن، تراوایی بسیار بالا داشته و در سراسر مخزن کاملاً یکنواخت باشد.
- مخزن حالت گنبدی داشته و شیب آن کم باشد.

### ۴- مستقل نمودن عملکرد بخش داخلی مخزن

یکی از مواردی که به تازگی مطرح و پیشنهاد شده است، ایجاد «برده مجازی» در مرز است؛ بدین گونه که با چیدمان چاه های تولیدی در کنار مرز، قسمت قابل ملاحظه ای از ناحیه ای از مخزن که در داخل کشور قرار دارد، از مابقی مخزن، جدا و به صورت مخزنی مستقل با سناریوی تولید بهینه و صیانتی مدیریت شود. در این پیشنهاد، گمان می رود با حفر دو ردیف

چاه تولیدی در کنار مرز، می توان به نقاط با دبی صفر در بین چاهها دست یافت. این پدیده (به وجود آمدن نقاطی با دبی صفر در بین دو نقطه تولیدی) براساس تئوری امواج ارائه شده است. (شکل ۱)

بانگاهی اجمالی به مبانی این پدیده، می توان متوجه شد که این امر به شرطی قابل وقوع است که اولاً محیط حرکت موج فشاری ایجاد شده (ناشی از تولید) همگن و یکنواخت باشد، ثانیاً شناخت کاملی از مشخصات محیط در دسترس باشد، ثالثاً بتوان تغییرات فشار (تغییرات دبی) را کامل کنترل کرد. علاوه بر این نکات به نظر می رسد، باید عملکرد مخزن حجمی (Volumetric) باشد. باید به این نکته توجه کرد که حتی در مورد یک قطعه پلاگ مغزه (به ابعاد ۲ در ۲/۵ اینچ) نیز نمی توان بر همگن و یکنواخت بودن آن حکم قطعی صادر کرد. حال چگونه می توان حجمی از مخزن به طول چندین کیلومتر، عرض حداکثر ۲۰۰۰ متر و ضخامت صدها متر را اولاً ارزیابی و برآورد کرد، ثانیاً انتظار داشت همگن باشد؟

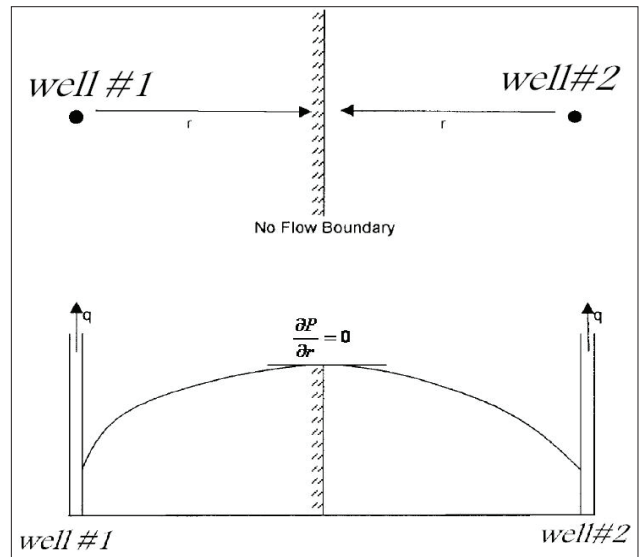
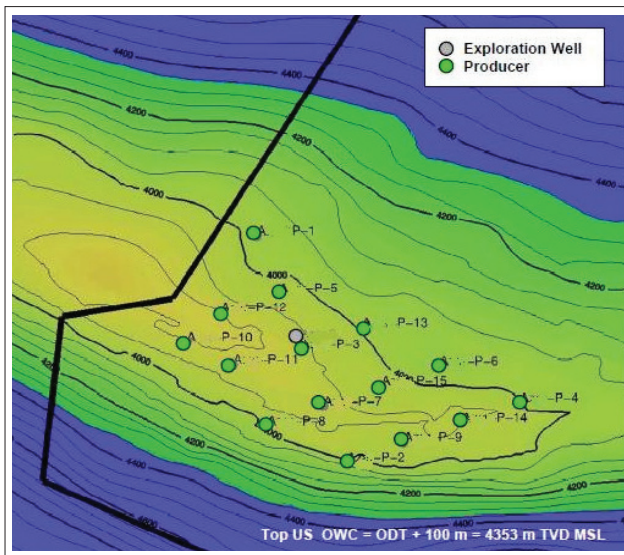
همان گونه که از مختصر توضیحات فوق مشهود است، هر چند از لحاظ نظری با حفر دو ردیف چاه در فواصل از پیش تعیین شده و با کنترل دبی هر یک در مقادیر از قبل محاسبه شده می توان یک خط مرزی «جریان صفر»، ایجاد و از حرکت سیال به سمت دیگر جلوگیری کرد، اما در عمل، اولاً تقریباً وقوع این پدیده غیرممکن است، ثانیاً بر فرض وقوع قابل بررسی و تأیید نیست.

البته باید بدین امر اذعان کرد که با همه مسائل مذکور، عملاً تلاش می شود تا با لحاظ چیدمان بهینه چاهها، از مهاجرت نفت به بخش خارجی مخزن حتی الامکان پیشگیری شود. شکل ۲، چیدمان پیشنهادی چاهها در یک مخزن مرزی را نشان می دهد.

### ۵- بازیافت پیشرفته (IOR/EOR) در مخازن

#### مشترک

در چند سال اخیر از نظر فنی و در چارچوب سیاست کلی مدیریت بهینه مخزن،



شکل ۲ | چیدمان پیشنهادی چاه‌ها در یک مخزن مرزی

شکل ۱ | به‌وجود آمدن نقاط با دبی صفر در بین دو چاه تولیدی

\* هر چند برای گنجانیدن یک مخزن در فهرست مخازن مشترک عبور خط مرزی از آخرین منحنی بسته مخزن الزامی است، اما باید با جمع‌آوری اطلاعات ایستا و پویای مخزنی، میزان ارتباط هیدرودینامیکی دو سوی مرز را تخمین زد تا بتوان برای توسعه مخزن طرحی بهینه براساس مطالعات جامع مخزن پیشنهاد داد.  
\* اگرچه در عمل امکان تأمین یک خط یا بهتر است گفته شود «یک صفحه مرزی با جریان صفر» تقریباً غیرممکن است، اما باید تلاش کرد تا چیدمان چاه‌های تولیدی یک مخزن مشترک، به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که مهاجرت هیدروکربور به آن سوی مرز به حداقل ممکن کاهش یابد.

\* به‌صرفه‌ترین روش بازیافت پیشرفته در مخازن مشترک، روش‌های زودبازده‌ای هستند که حتی‌الامکان به‌صورت منطقه‌ای عمل کنند. در این گونه مخازن می‌توان به مطالعات آزمایشگاهی و میدانی برای روش‌هایی نظیر سیلابزنی (آب یا گاز) و حتی تزریق امتزاجی توجه کرد.

ثابت و عملیاتی خیلی بالایی نیاز دارد و از طرف دیگر در همه مخازن قابل اجرا نیست. در صورتی که اثبات شود از نظر فنی، اجرای هر یک از این روش‌ها، برای بهبود عملکرد مخزن مؤثر است، در مخازن مشترک اجرای آن، بدون تردید، باعث منتفع شدن همزمان کشور همسایه نیز خواهد شد؛ از این رو، پیشنهاد آن برای اجرا سوال برانگیز خواهد بود. در صورتی که امکان توسعه مخازن مشترک با مدیریتی واحد به هر دلیلی نباشد، به‌ناچار باید از روش‌های زودبازده که حتی‌الامکان به‌صورت منطقه‌ای عمل می‌کنند، برای بازیافت پیشرفته استفاده کرد. به‌نظر می‌رسد در چنین مواردی می‌توان روش‌هایی نظیر سیلابزنی (آب یا گاز) و حتی تزریق امتزاجی را مدنظر و مطالعات آزمایشگاهی و میدانی درباره آن داشت.

#### نتیجه‌گیری و پیشنهاد

\* روش علمی و بهینه توسعه مخازن مشترک، فقط با تعامل فنی صاحبان مخزن و اجرای سناریوی تولید بهینه برای مخزن حاصل می‌شود.

توصیه می‌شود بازیافت پیشرفته از مراحل اولیه توسعه مخزن برنامه‌ریزی و اجرا شود و دلیلش نیز این است که امکان دارد با گذشت زمان و با تخلیه بخشی از مخزن به‌صورت «تخلیه طبیعی»، حجم قابل ملاحظه‌ای از هیدروکربور مخزن غیرقابل تولید شود. در مخازن غیر مشترک، ارائه و اجرای یک برنامه بازیافت پیشرفته، اولاً نیاز به مطالعات گسترده‌ی آزمایشگاهی و حتی در مواردی میدانی دارد. ثانیاً بودجه‌ی هنگفتی در مقایسه با برنامه‌های تخلیه‌ی طبیعی باید هزینه گردد. در مخازن مشترک، علاوه بر چالش‌های مذکور، چالش دیگر میزان انتفاع هر یک از صاحبان مخزن از اجرای این گونه برنامه‌هاست. این مطلب اهمیت تعامل علمی صاحبان مخزن را در توسعه بهینه آن بیشتر نشان می‌دهد.

از روش‌های مهم بازیافت پیشرفته که در شرکت ملی نفت ایران در مخازن داخلی با موفقیت اجرا شده است، می‌توان به تثبیت یا حتی افزایش فشار مخزن با تزریق گاز در کلاهک گازی یا آب در آبه مخزن اشاره کرد. اجرای هر یک از این دو روش، به سرمایه