قسمت اول

بررسی ضریب بازیافت از میادین نفتی

همایون مطیعی

تعاریف

با توجه به اهمیت آمار ذخایر هیدروکربوری، اطلاع از تعاریف صحیح و دقیق عبارات و مفاهیمی که در این رابطه استفاده می‌گردد از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. بدین منظور توجه به مفهوم ضریب بازیافت (که مطابق تعاریف بین‌المللی می‌باشد) ضرورت دارد.

ضریب بازیافت به صورت درصد میزان هیدروکربور قابل تولید نسبت به کل هیدروکربور درجای اولیه مخزن تعریف شده است و می‌توان آن را به ضریب بازیافت اولیه، ثانویه و ثالثیه تقسیم‌بندی نمود.

هیدرورکربور درجای اولیه

میزان هیدروکربور درجای اولیه در یک مخزن تابعی از مشخصات مخزن و نوع هیدروکربور می‌باشد. با توجه به همگن نبودن مشخصات فوق در سراسر مخزن، محاسبه میزان هیدروکربور می‌باید بر اساس روش‌هایی صورت گیرد که بتواند واقعیت موجود در مخزن را تا حد ممکن تصویر کند.

همانگونه که مشخص می‌باشد، تعیین مشخصات مخزن و پارامترهای موثر بر میزان هیدروکربور درجای اولیه با استفاده از روش‌های مستقیم امکانپذیر نمی‌باشد. حتی با توجه به آخرین پیشرفت‌های انجام شده در این زمینه، به دلیل اینکه مخازن هیدروکربوری در اعماق زمین واقع و به صورت مجموعه‌ای از سنگ‌های دارای مشخصات بعضاً بسیار متفاوت می‌باشند، ابراز موجود در صنعت به هیچوجه توانایی به تصویر کشیدن واقعیت‌های مخزن را ندارند. داده‌های دریافتی از چاهها نظیر نمودارهای چاه پیمایی و آزمایشات چاهها، اطلاعات کمی در مورد تعداد محدودی از نقاط (چاهها) در پهنه وسیع یک میدان را ارائه می‌دهند و ابزارهایی نظیر لرزه‌نگاری نیز از مشخص کردن بسیاری از مشخصات مخزن عاجز می‌باشند (درحالیکه برخی از مشخصات را نیز بخوبی به تصویر می‌کشند)، لذا میزان اطلاعات مورد استفاده و دقت آنها که بطور مستقیم بازمان و فناوری‌های موجود در ارتباط می‌باشد، می‌تواند در نحوه شناخت ما نسبت به مشخصات مخزن نقش عمده‌ای داشته باشد.

علاوه بر موارد فوق، نحوه تعبیر و تفسیر داده‌های دریافتی از منابع مختلف نیز تاثیر بسزایی بر تصویر موجود از مخزن ارائه می‌نماید. به عبارت دیگر مدلها و ابراز مورد استفاده جهت فرآورش داده‌ها که خود تابع مستقیم زمان و مدلهای ریاضی و فیزیکی موجود می‌باشند نیز بر تصویری که از میدان وجود دارد تاثیر فراوانی دارند.

همچنین با توجه به اینکه تمامی تفسیرهای داده‌های خام، توسط افراد انجام می‌شود، قضاوت‌های کارشناسی نیز نقش عمده‌ای در نحوه فرآورش داده‌ها دارند. چه بسا دو کارشناس مختلف، تفاسیر متفاوتی از یک مجموعه داده واحد را ارائه نمایند که با توجه به عدم امکان شناخت دقیق در برخی موارد، نمی‌توان به صورت قطعی یکی از دو نظر را کاملاً مردود دانست.

مجموعه مطالب فوق بیانگر آن است که هنگامی که از عدد مشخصی برای هیدروکربور درجای اولیه یک میدان صحبت می‌شود این عدد می‌تواند با تعاریف دیگر و در شرایط دیگری بگونه‌ای متفاوت (تاحدودی) محاسبه شده و نتیجه‌ای متفاوت را حاصل نماید. با این حال باید در نظر داشت که مقایسه دو عدد فوق باید در یک محدوده قابل قبول نزدیک یکدیگر باشند.

با توجه به مباحث ارائه شده، می‌توان نتیجه گرفت که هیچیک از پارامترهای مهم در محاسبه میزان هیدروکربور درجای اولیه به صورت دقیق شناخته شده نمی‌باشند و بر اساس میزان اطلاعات موجود، می‌توان مجموعه‌ای از داده‌های مورد قبول و نحوه تغییرات آنها را ارائه داد.

روش آماری مونت کارلو

یک روش متداول محاسبه میزان نفت درجا و نفت قابل استحصال روش آماری مونت کارلو است که در روابط حجمی زیر بکار برده می‌شود:

حجم نفت درجا $N_i = [V_r \times \phi \times (N/G) \times (1 - S_w)] \times B_o$

حجم نفت قابل استحصال $N_p = N_i \times F$

بطوری که ملاحظه می‌گردد و چنانچه میانگین کمیتهای V، ϕ، (N/G)، S_w، و F در دست باشند با جانشین کردن مقادیر عددی آنها

در روابط فوق می‌توان حجم نفت درجا و حجم نفت قابل استخراج را محاسبه نمود. اما بطوریکه دیده شد، میانگین اعداد فوق بشرطی دارای دقت و صحت لازم می‌باشد که تعداد چاههای حفر شده با خواص فوق‌الذکر سنگ و سیال مخزن به نسبت وسعت مخزن بحد کافی باشد و لااقل بطور متوسط به چندین چاه در هر کیلومتر مربع سطح مخزن بالغ گردد. ملاحظه می‌شود برای اجابت شروط فوق در مخازن ایران با توجه به وسعت بسیار گسترده سطح آنها تعداد زیادی چاه مورد نیاز می‌باشد. در بدو اکتشاف مخزن عموماً اطلاعات تنها یک حلقه و بعضاً تا دو سه حلقه چاه اکتشافی در دست است. در همین مرحله باید ارزیابی اولیه حجم نفت و نفت قابل استخراج محاسبه و برنامه‌های دراز مدت توسعه میدان طرح‌ریزی شود. بتدریج که تعداد چاهها زیادتر شده و عملکرد مخزن نیز شواهدی از حجم نفت مخزن بدست می‌دهد، ارزیابیهای اولیه مورد تجدید نظر قرار گرفته و دقت محاسبه آنها زیادتر می‌شود. با توجه به محدودیتهای فوق لزوم کاربرد روش آماری جهت محاسبه حجم نفت قابل استخراج و نفت درجا کاملاً احساس می‌گردد.

در اینجا به اختصار یادآور می‌گردد که توزیع آماری تواتری (Statistical Frequency Distribution) میانگینهای یک کمیت فیزیکی در محاسبات یا اندازه‌گیریهای مختلف می‌تواند بصور مختلف ظاهر گردد. صور مختلف توزیع آماری تواتر میانگینها عبارتند از توزیع عادی تواتری (Normal Frequency Distribution)، توزیع مثلثی تواتری (Tri-Angular Frequency Distribution) توزیع متحدالشکل تواتری (Distribution Uniform Frequency) و انواع دیگر توزیع آماری نیز وجود دارد که از موضوع این مقدمه خارج است.

بحث در مورد توزیع طبیعی آماری کمیتهایی که در محاسبه حجم نفت درجا و حجم نفت قابل استخراج دخالت دارند نیز از اهداف این مقدمه خارج است و برای سادگی فرض می‌شود توزیع آماری تمامی این کمیتها توزیع مثلثی است. توزیع مثلثی هر کمیت با تعیین یک "حداقل تخمین" (Minimum Estimate) و یک "بهترین تخمین" (Best Estimate) و یک "حداکثر تخمین" (Maximum Estimate) مشخص می‌شود.

در زمان ارزیابی، بهترین تخمین هر کدام از کمیتهای موثر در محاسبه حجم نفت درجا و نفت قابل استخراج، میانگین اطلاعات چاههای حفر شده موجود می‌باشد. مثلاً اگر تنها یک چاه در مخزن حفر شده باشد، "بهترین تخمین" درصد تخلخل مخزن همان میانگین تخلخل محاسبه شده برای این چاه است. "حداقل تخمین" درصد تخلخل در این چاه، معدل کلیه تخلخلهای کمتر از میانگین مقاطعی است که در این چاه دیده شده و بهمین ترتیب "حداکثر تخمین" درصد تخلخل، معدل کلیه تخلخلهای بیشتر از میانگین مقاطعی است که در چاه دیده شده است. در مورد بقیه کمیتها در این مرحله بهمین نحو علم شده و بدین ترتیب توزیع مثلثی تمامی کمیتها مشخص می‌شود.

پس از مشخص شدن تواتر توزیع مثلثی کمیتهای فوق و با استفاده از مدل کامپیوتری بسیاری کوچکی (Monte-Carlo Simulation Model) که در آن معادله حجمی نفت درجا و نفت قابل استحصال گنجانده شده این دو کمیت محاسبه می‌شوند.

در مدل فوق پس از تبدیل توزیع تواتر (Frequency Distribution) کمیتهای ϕ، Sw و ... به منحنی توزیع انباشتی تواتر (Cumulative Frequency Distribution) که آن را منحنی S (بدلیل شباهت زیاد این منحنی به حرف انگلیسی S) می‌نامند، محاسبه انجام می‌شود.

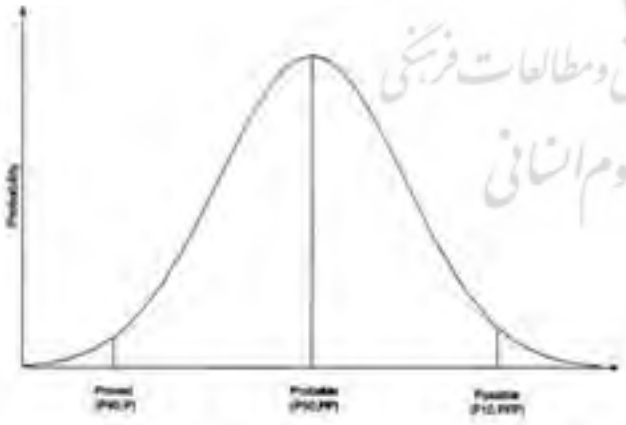
در روش مونت کارلو که روش انتخاب تصادفی یا انتخاب شانسی نیز نامیده می‌شود هر بار با مراجعه به جدول مولد اعداد تصادفی (Random Number Generator) یک عدد چند رقمی انتخاب نموده و آن را معادل توزیع انباشتی تواتر کمیت قرار می‌دهند. با انتقال این نقطه بر روی محور Yها (محوریکه توزیع انباشتی تواتر کمیت مورد نظر فرض شده است) از روی منحنی بر محور Xها میزان کمیت متناظر آن خوانده و ثبت می‌گردد. این عمل در مدل بتعداد دفعات کافی جهت اطمینان از کفایت انتخاب نمونه تکرار می‌شود (مدل فعلی ۱۵۰۰ مرتبه). بدین ترتیب برای کمیتهای F ، Bo ، Sw ، ϕ ، n ، V هر کدام ۱۵۰۰ نمونه آماده می‌گردد که در معادل حجمی داده شده برای محاسبه حجم نفت درجا و نفت قابل استخراج مورد عمل قرار می‌گیرند.

در نتیجه برای کمیتهای نفت درجا N_i و نفت قابل استخراج N_b هر کدام ۱۵۰۰ عدد محاسبه می‌شود و بصورت منحنی توزیع انباشتی تواتر داده می‌شود. فورمولاسیون مدل طوری است که توزیع آماری کمیتهای N_i و N_b بصورت توزیع عادی بوده و میانگین و انحراف معیار (Standard Deviation) آنها نیز محاسبه می‌شود.

نتایج حاصل معمولاً به صورت نموداری تقریباً مانند منحنی ذیل می‌باشد. مقادیری که از این طریق جهت بیان میزان هیدروکربور درجا بدست می‌آید عبارتند از:

۱ - مقدار اثبات شده

بر اساس تعاریف آماری این مقدار دارای احتمال وقوعی بالاتر از ۹۰ درصد می‌باشد یا عبارت دیگر مقدار هیدروکربور درجای اولیه واقعی به احتمال ۹۰ درصد برابر و یا بیشتر از این مقدار می‌باشد یا به عبارتی میانگین محاسبه شده منهای ۱/۵ برابر انحراف معیار (P۹۰ یا P) نگاره-۱



۲ - مقدار مورد انتظار

این مقدار برابر میانگین محاسبه شده و مقداری از هیدروکربور می‌باشد که احتمال وقوع وجود آن در مخزن ۵۰ درصد می‌باشد (P۵۰ یا PP) با این حال ۵۰ درصد احتمال موجود مقادیر بیشتر و ۵۰ درصد احتمال وجود مقادیر کمتری از هیدروکربور در مخزن وجود دارد. بصورت معمول از این مقدار جهت انجام سرمایه‌گذاری

استفاده می‌گردد.

۳ - مقدار ممکن

این مقدار برابر میانگین محاسبه شده باضافه ۱/۵ برابر انحراف معیار است (P۹۰ یا PPP). احتمال اینکه حجم هیدروکربور موجود در مخزن کمتر از این مقدار باشد در حدود ۹۰ درصد می‌باشد. به عبارت دیگر از لحاظ آماری می‌توان گفت این مقدار حداکثر حجم ممکن برای هیدروکربور درجای اولیه می‌باشد.

یادآور می‌شود در بدو اکتشاف مخزن که تنها یک چاه در آن حفر شده است اعتبار ذخایر فوق‌الذکر کمتر می‌باشد و بهمین دلیل انحراف معیار محاسبه شده برای میانگین آنها در تخمین‌های اولیه بسیار زیاد می‌باشد. طبیعی است هرچه تعداد چاههای حفر شده زیادتر و عملکرد مخزن مشخص‌تر شود دقت محاسبات بیشتر می‌گردد.

ذخیره قابل استحصال

تنها بخشی از کل حجم هیدروکربور درجای اولیه را می‌توان تولید نمود. بدین صورت که با توجه به مشخصات مخزن اعم از جنس و کیفیت سنگ مخزن، خواص هیدروکربور موجود در همچنین تکنولوژی موجود با استفاده از روش‌های متفاوت می‌توان مقداری از هیدروکربور درجای اولیه را تولید و سطح زمین منتقل کرد.

بر اساس عوامل مختلفی که در تعیین میزان هیدروکربور قابل برداشت موثر می‌باشند. دسته‌بندی‌ها و تعاریف متفاوتی است که در مورد میزان هیدروکربور قابل بازیافت انجام شده است مهمترین شرطی که در تمامی تعاریف و دسته‌بندی‌ها می‌باید رعایت گردد، اقتصادی بودن تولید می‌باشد. بدین صورت که عبارت ذخیره به آن بخشی از نفت قابل تولید اطلاق می‌گردد که بتوان آن را به صورت اقتصادی تولید نمود.

به طور کلی میزان ذخیره هیدروکربور قابل استحصال دو تقسیم‌بندی کلی دارد:

تقسیم ذخیره قابل استحصال بر اساس احتمال تولید

با توجه به اینکه یکی از مهمترین پارامترهای موجود در تعیین میزان ذخیره قابل استحصال از یک مخزن، میزان هیدروکربور درجای اولیه آن می‌باشد، استفاده از مقادیر شرح داده شده در بخش هیدروکربور درجای اولیه (اثبات شده، مورد انتظار و ممکن) نتایج متفاوتی را حاصل خواهد نمود که به ترتیب ذخایر اثبات شده، مورد انتظار و ممکن را حاصل خواهد نمود.

تقسیم ذخیره قابل استحصال بر اساس روش تولید

ذخیره اولیه

میزان ذخیره اولیه به حجمی از هیدروکربور اطلاق می‌گردد که با استفاده از نیروهای طبیعی در مخزن و بدون تقویت آنها قابل تولید باشد. ساز و کارهایی که به صورت طبیعی در مخزن وجود دارند عبارتند از: رانش انبساط گاز محلول (Solution Gas Drive)، آبران (Water Drive)، انبساط گاز کلاهک (Gas Cap Drive)، رانش انبساط سیال (Fluid and Rock Expansion) و بالاخره رانش ترکیبی است. شرح این رانش‌ها ارائه خواهد شد.

ذخیره ثانویه

ذخیره ثانویه به حجمی از هیدروکربور قابل تولید می‌شود که با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی تولید (IOR) قابل تولید باشد. این روش‌ها عبارتند از روش‌های تزریق آب یا هرگونه سیال دیگر که با سیال درون مخزن قابل امتزاج نباشد. این روش‌ها عموماً زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که میزان تولید با استفاده از انرژی‌های طبیعی مخزن به حد اقتصادی خود رسیده باشد. از این روش‌ها می‌توان به تزریق گاز با هدف تامین فشار (Pressure Maintenance) و سیلابه‌زنی با گاز (Gas Flooding) اشاره نمود. در دنباله مطلب به شرح مختصری پیرامون این روشها پرداخته خواهد شد.

ذخیره نهایی

در این حالت با استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر حجم بیشتری از هیدروکربور نسبت به آنچه توسط روش‌های تولید ذخیره ثانویه قابل تولید می‌باشد، استخراج می‌گردد. برخی از روش‌هایی که جهت تولید ذخیره ثانویه استفاده می‌گردند عبارتند از، روش‌های کنترل Mobility، سیلابه‌زنی توسط مواد شیمیایی (chemical Flooding)، تزریق امتزاجی گاز (Miscible Gas Injection) و روش‌های حرارتی (Thermal Methods).

عوامل تشکیل دهنده ذخایر قابل بازیافت

همانگونه که مشخص می‌باشد بخش بزرگی از میزان ذخایر قابل بازیافت در کلیه مخازن هیدروکربوری مربوط به ذخایر ثانویه و نهایی می‌باشد که دارای روش‌ها و ساز و کارهای متفاوتی است که بسیاری از آنها حتی با فناوریهای کنونی صنعت نفت به صورت کامل شناخته نشده‌اند. لازم به تاکید است که شرایط اقتصادی حاکم بر زمان انجام مطالعات مخازن، نظیر قیمت جهانی نفت و هزینه استفاده از تجهیزات و فناوری مورد استفاده جهت تولید هیدروکربور بر میزان ذخیره قابل استحصال تاثیر مستقیم دارد. لذا واضح است چون تمامی پارامترهای مورد بحث تابعی از زمان و مکان هستند بنابراین زمان انجام مطالعه تاثیر زیادی بر نتایج حاصله خواهد داشت.

ذکر این نکته ضروری بنظر می‌رسد که، روش‌های بازیافت مذکور در ابتدا با انجام مطالعات و تحقیقات و سپس در مرحله آزمایشی شناخته و بررسی شده و سپس با پیشرفت فناوری برخی از آنها در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. لذا می‌توان با قطعیت بیان داشت که در آینده شاهد معرفی شیوه‌های جدیدتر و موثرتری جهت تولید میادین نفتی/ گازی به صنعت نفت جهان خواهیم بود.

نکته دیگری که تاکید مجدد آن ضروری بنظر می‌رسد این مطلب می‌باشد که مشخصات و شرایط مخازن و سیالات موجود در آنها تاثیر بسزایی در تعیین روشهای تولید و میزان بازیافت از آنها با استفاده از روش‌های تولید اولیه، ثانویه یا نهایی خواهد داشت.

به عبارت دیگر مخازن با خصوصیات مخزنی یکسان ولی حاوی انواع مختلف نفت خام اعداد و ارقام کاملاً متفاوتی برای میزان ذخایر انتظار داشته باشیم. مطلب مذکور زمانی که پیچیدگی‌های بسیار زیاد موجود در مخازن را به آن اضافه نماییم، کاملاً مشخص کننده دلیل تفاوت اعداد و ارقام متفاوت ضرایب بازیافت میادین مختلف می‌باشد.