



نشست تخصصی ماهنامه‌ی اکتشاف و تولید با مدیران شرکت نفت خزر

تهیه و تنظیم: میر احمد حسینی، مجتبی کریمی، مهدی تدینی، مهدی شاه حسینی

و شناسایی منابع هیدروکربنی چیست؟ نتایج مطالعات کنسرسیوم SCSG در این زمینه چه نقش و جایگاهی دارد؟ غلامی: قبل از تأسیس این شرکت (سال ۱۳۷۶) تمامی فعالیت‌های اکتشافی کشور توسط مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران انجام می‌شد. تاریخچه‌ی مطالعات اکتشافی در خشکی (دشت گرگان) حتی به قبل از انقلاب اسلامی می‌رسد که در آن زمان این مطالعات توسط شرکت‌های خارجی انجام می‌شد. نخستین عملیات لرزه‌نگاری طی سال‌های ۵۶ و ۵۷ خورشیدی در دشت گرگان و آخرین عملیات برداشت داده‌ها در ۱۹۹۲ میلادی انجام شد. نتایج تفسیر داده‌ها چند تاقدیس را در منطقه نمایان ساخت که هیچکدام پس از حفاری نتایج مثبتی دربر نداشتند. این موارد از گزارش‌های مطالعه شده در مدیریت اکتشاف در زمان انجام وظیفه‌ی بنده در آن مدیریت کسب شده است.

واحدهای مختلف شرکت نفت خزر برگزار شده، بحث‌های مختلف فنی و تخصصی در حوزه‌های متنوع و منحصر به فرد این شرکت مطرح شد. این میزگرد با حضور مهندس گیتی رئیس اداره‌ی پتروفیزیک، مهندس رحمانلو رئیس اداره‌ی حفاری، خانم مهندس غلامی رئیس اداره ژئوفیزیک، دکتر طاعتی رئیس اداره‌ی زمین‌شناسی، مهندس شیرزادی رئیس اداره‌ی مهندسی مخازن، مهندس خودآفرین رئیس اداره‌ی پژوهش و فن‌آوری و مهندس متین‌فرد رئیس اداره‌ی تکمیل و آزمایش چاه شرکت نفت خزر برگزار شد. در ادامه خلاصه‌ای از مباحث مطرح شده خواهد آمد:

اکتشاف و تولید: سوابق اکتشافی اعم از مطالعات زمین‌شناسی، لرزه‌نگاری و ژئوفیزیکی در حوزه‌ی خشکی و دریایی شرکت نفت خزر چه بوده و برنامه‌های آتی این شرکت در حوزه‌ی اکتشاف

یکی از رسالت‌های ماهنامه‌ی اکتشاف و تولید شناسایی دستاوردها و پیشرفت‌های شرکت‌های تابعه‌ی شرکت ملی نفت در بخش بالادستی و ارائه و اشتراک آنها با سایر همکاران صنعت نفت است. در این راستا سعی بر آن بوده که با ارائه‌ی گزارش و برگزاری نشست‌های تخصصی، فعالیت‌های گوناگون انجام شده در بخش‌های مختلف بالادستی صنعت نفت به اطلاع مخاطبان رسانده شود. تا به حال نشست‌های مختلفی در خصوص چالش‌های حفاری، ازدیاد برداشت، بلوک‌های اکتشافی، مدیریت سکوه‌های نفتی و... و همچنین تعدادی سمینار علمی و تخصصی نیز برگزار شده اما سابقه‌ی چنین ارتباطی بین ماهنامه‌ی اکتشاف و تولید و شرکت نفت خزر وجود نداشته است. امیدواریم در آینده این نوع ارتباطات بیشتر شود تا دستاوردهای شرکت‌ها در ماهنامه نمود بیشتری داشته باشد. در این نشست که با حضور مدیران و رؤسای



در قسمت کم عمق و ساحلی دریای خزر نیز پس از برداشت داده‌های لرزه‌ای دوبعدی توسط مدیریت اکتشاف، سه حلقه چاه حفر گردید که هیچکدام به نتایج مطلوبی منجر نشد. به‌ثمر نرسیدن حفاری‌های خشکی و دریا در شمال کشور، این منطقه را از اولویت‌های اکتشافی مدیریت اکتشاف خارج کرد و با تأسیس شرکت نفت خزر، منطقه‌ی مذکور به این شرکت تحویل شد.

بنده در سال ۱۳۸۷ وارد شرکت نفت خزر شدم و آقای جهدی به‌عنوان پیشکسوت این حوزه، اطلاعات موجود لرزه‌نگاری را در اختیار من قرار دادند. قابل ذکر است که با توجه به اولویت شرکت ملی نفت ایران در شروع فعالیت‌های نفتی کشور در دریای خزر، عمده‌ی مطالعات پایه‌ی اکتشافی شامل مطالعات زمین‌شناسی، برداشت‌های ژئوفیزیکی و به‌ویژه لرزه‌نگاری دوبعدی در بخش جنوبی دریای خزر انجام شد و این مطالعات طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ توسط کنسرسیون SCSG (متشکل از شرکت‌های شل، ویا، لاسمو و شرکت نفت خزر) انجام گردید. طی این مطالعه بیش از هزار برگ نقشه تهیه شد که پایه‌ی اصلی مطالعات و برداشت‌های لرزه‌ای دوبعدی بود و برای مراحل پایه‌ی مطالعات اکتشافی می‌توان از آن به‌عنوان استوارترین عامل یاد کرد. بنابراین با مطالعه و بررسی گزارش‌ها و اطلاعات موجود در این شرکت، تمامی تصورات قبلی بنده در خصوص غیرمفید بودن نتایج حاصل رنگ باخت و با شوق و انگیزه‌ی فراوان از ورود به شاخه‌ای از علم ژئوفیزیک، در جهت تکمیل مطالعات قبلی مشغول به کار شدم. داده‌های جدید در آبه‌ای عمیق باعث شد با وجود کم‌بودن منابع انسانی در شرکت نفت خزر، با تلاش همکارانی مانند آقای جعفری که از بدو تأسیس در شرکت مشغول بوده‌اند،

اطلاعات ژئوفیزیک بازرنگری شده و با جدیت مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. در این میان سعی بر تطابق روش‌های ژئوفیزیکی روز دنیا با اطلاعات موجود بود تا با توجه به منابع در دسترس، جهش و حرکت جدیدی آغاز شود. خوشبختانه یکی از ویژگی‌های این کار، حضور ایرانی‌ها و کارشناسان نفت خزر در انجام مطالعات بود که از ابتدا در تمامی مراحل حضور داشتند و هرکجا ابهام یا مشکلی پیش می‌آمد به کارشناسان مربوطه مراجعه می‌شد. برخی ویژگی‌های مطالعات انجام شده به‌طور خلاصه عبارت است از:

■ جامعیت مطالعات

■ پوشش مساحتی حدود ۱۲۰۰۰۰ کیلومتر مربع از خطوط لرزه‌نگاری دوبعدی در ناحیه‌ی خزر جنوبی

■ برداشت لرزه‌نگاری سه‌بُعدی به‌میزان ۴۰۰۰ کیلومتر مربع که یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌های لرزه‌نگاری سه‌بُعدی کشور است

■ لحاظ کردن اطلاعات چاه‌های گذشته و داده‌های چاه‌های ترکمنی و آذری

■ دقیق بودن متغیرهای برداشت لرزه‌نگاری دوبعدی و سه‌بُعدی در دریا و خشکی

■ طراحی سکانس پردازشی دوبُعدی و سه‌بُعدی و نظارت مستقیم شرکت نفت خزر بر مراحل پردازشی و در نتیجه بهره‌مندی از کیفیت بهینه‌ی لرزه‌نگاری سه‌بُعدی در هنگام تفسیر

■ انجام تمامی مراحل تعبیر و تفسیر اطلاعات لرزه‌نگاری دوبُعدی و سه‌بُعدی توسط مفسرین شرکت نفت خزر

■ بهره‌گیری از شرکت‌های ایرانی در مراحل برداشت لرزه‌نگاری سه‌بُعدی در دریا و خشکی (دشت گرگان) توسط شرکت عملیات اکتشاف

لازم به‌ذکر است که پردازش اطلاعات

لرزه‌نگاری دوبُعدی توسط شرکت پردازشگر Veritas و داده‌های سه‌بُعدی توسط شرکت CGG که از قدرتمندترین پردازشگرهای دنیاست با بهترین کیفیت انجام شده است.

به این ترتیب پس از ردّ مفروضات و تصورات اولیه مبنی بر عدم وجود هیدروکربن در دریای خزر با توجه به چالش‌های پیش‌رو، فرضیات جدید شکل گرفت و اقدامات لازم جهت مطالعه و بررسی آغاز شد.

پس از انجام این اقدامات، با تفسیر داده‌های سه‌بُعدی در دریا و دشت گرگان، ساختارهای دریا در اولویت حفاری واقع شد. زمینه‌های شفاف و روشنی برای حفاری به اداره‌ی حفاری و اداره‌ی زمین‌شناسی اعلام گردید و بر این اساس ساختار میدان سردار جنگل در اولویت نخست حفاری واقع شد. استفاده از روش‌های نوین ژئوفیزیکی در پیش‌بینی مخاطرات حفاری در آبه‌ای عمیق، موجب شد حفاری چاه‌های اول و دوم این میدان با نگرش دقیق‌تری صورت گیرد. محاسبه‌ی عمق دقیق سرسازندها، به‌ویژه سازندهای مخزنی و سایر پدیده‌های زمین‌ساختی، قبل از حفاری چاه‌های سردار جنگل و هم‌خوانی آن پس از حفاری چاه‌ها با داده‌های VSP از دیگر نقاط قوت تفسیر داده‌های لرزه‌نگاری سه‌بُعدی این میدان بوده است.

در خاتمه باید گفت:

■ تا کنون همه‌ی روش‌های ژئوفیزیکی کاربردی در آبه‌ای عمیق بررسی و مطالعه شده است.

■ در این راستا از نرم‌افزارهای تخصصی طراحی، پردازش، تفسیر و وارون‌سازی مثل OMNI، VISTA، ProMAX، GeoFrame، Petrel، Russell-Hampson و ... نرم‌افزارهای تخصصی شرکت‌های شل و CGG استفاده شده است.

■ هم‌زمان با پیش‌برد فعالیت‌ها، سخت‌افزار

و نرم افزار تفسیر اداره‌ی ژئوفیزیک ارتقاء یافته و نسخ پشتیبان در شرایط مناسب حفظ و نگهداری شده‌اند.

همچنین طی این مدت اطلاعات موجود در استان گلستان نیز بازنگری شد و پس از تفسیر مجدد اطلاعات لرزه‌ای دو بُعدی قدیمی دشت گرگان، مناطق جدید برداشت‌های لرزه‌نگاری سه بُعدی تعیین گردید.

در نوار مرزی ترکمنستان نیز با توجه به کمبود خطوط دو بُعدی، در سال ۱۳۹۱ برداشت‌های لرزه‌ای جدید انجام شد و بر اساس تفسیر اطلاعات، ساختارهایی که تاکنون حفاری نشده مشخص گردید که هم‌اکنون حفاری یکی از ساختارها مورد بحث و تبادل نظر است.

همچنین به کارگیری مدل‌سازی‌های پیشرفته‌ی سه بُعدی به منظور توسعه‌ی میدان سردار جنگل در برنامه‌های آتی این اداره بوده و در حال حاضر طرح آن با برخی شرکت‌ها در دست بررسی است.

اقدام اعضای محترم ماهنامه‌ی اکتشاف و تولید نیز که با اشتیاق، پیگیر برگزاری میزگرد تخصصی شرکت نفت خزر بودند شایسته‌ی قدردانی است.

اکتشاف و تولید: با توجه به توضیحات ارائه شده، اطلاعات ژئوفیزیکی دو بُعدی و سه بُعدی دریای خزر موجود است. اما در خصوص مطالعات زمین‌شناسی این منطقه به نظر می‌رسد تنها مطالعات زمین‌شناسی خط ساحلی، توسط مدیریت اکتشاف انجام شده باشد. محدودیت‌های موجود از جمله پوشیدگی بیرون‌زدگی‌های زمین‌شناسی در خط ساحلی و تعداد کم چاه‌های حفاری شده و به تبع آن کمبود اطلاعات پتروفیزیکی و مغزه،

باعث شده نسبت به سایر حوزه‌های زمین‌شناسی کشور، از این ناحیه اطلاعات جامعی وجود نداشته باشد. اداره‌ی زمین‌شناسی شرکت نفت خزر برای رفع کمبودهای اشاره شده تا به حال چه اقداماتی انجام داده و برنامه‌های آتی این شرکت برای غنی‌تر شدن دانسته‌های موجود چیست؟

طاعتی: نواحی تحت قلمرو وظایف سازمانی شرکت نفت خزر استان‌های گلستان، گیلان و مازندران و دریای خزر است که به دلیل پوشش گیاهی منطقه از نظر بیرون‌زدگی‌های زمین‌شناسی (Out Crop) ضعیف است. عمده‌ی فعالیت‌های زمین‌شناسی مبتنی بر اطلاعات حاصل از چاه‌های حفر شده در منطقه و خطوط لرزه‌ای دو بُعدی و سه بُعدی موجود است. قبلاً در ناحیه‌ی خشکی در دشت گرگان، مازندران و گیلان حدود ۱۶ حلقه چاه توسط خارجی‌ها و شرکت ملی نفت ایران حفاری شده که تنها در چاه گرگان ۳-الف و چاه قزل‌تپه آثار هیدروکربنی (تعدادی لایه‌ی حاوی گاز) گزارش شده که نتایج آزمایش آنها نیز مشکوک است. چاه‌های بسیار قدیمی، اطلاعاتی ناقص (مثل ستون‌های ناقص، لاگ‌های ضعیف و ناقص) در اختیار ما قرار می‌دهند که اعماق مختلفی دارند و عمیق‌ترین آنها در ۱۹۷۰ در قزل‌تپه تا عمق حدود ۵۸۰۰ متر حفر شده است.

به غیر از حفاری‌های جدید انجام شده توسط شرکت نفت خزر در ساختمان سردار جنگل که در بخش عمیق دریای خزر قرار دارد، در مناطق کم‌عمق این دریا دو حلقه چاه در قسمت شرقی و یک حلقه چاه در قسمت غربی (نزدیک انزلی) حفر شده که در حقیقت نقاط کنترلی موجود در دریا محدود به این چاه‌هاست.

به‌عنوان تاریخچه‌ی مختصری از

رسوب‌گذاری دریای خزر باید گفت این بخش را باقیمانده‌ی تیس قدیمی (پالئوتیس) در نظر گرفته و در مطالعات جدید از لحاظ تکتونیکی آن را به شش زون ساختاری (آپشرون، ناحیه‌ی میثم و مقداد، قسمت مرکزی دریای خزر، نواحی ولگا و آمو دریا) تقسیم می‌کنند. مهم‌ترین تأمین‌کننده‌ی رسوبات حوضه‌ی رسوبی از زمان انتهای ائوسن از ناحیه‌ی ولگا در غرب و شرق آمو دریا می‌باشد که سیستم‌های رسوبی دلتایی را تشکیل داده است. رسوبات ترشیاری حوضه به سمت کپه‌داغ و همچنین به سمت غرب دریای خزر روی رسوبات کرتاسه آن‌لپ (on lap) می‌کند. بررسی اطلاعات حاصل از حفاری در ساختمان قزل‌تپه و خطوط لرزه‌نگاری مؤید آن است که رسوبات ترشیاری پلیوسن دریای خزر به صورت دگرشیب روی کرتاسه (سازنده‌های تیرگان و سرچشمه و سنگانه) قرار گرفته‌اند. حفاری‌های اخیر انجام شده در ساختمان سردار جنگل در بخش مرکزی نشان‌دهنده‌ی یک حوضه‌ی عمیق رسوبی است. لازم به ذکر است که چاه‌های سردار جنگل -۱ و ۲ با فاصله‌ی حدود ۱۴۰۰ متر روی یک ساختمان قرار گرفته‌اند.

زمین‌شناسان معتقدند پی‌سنگ خزر شمالی مربوط به زمان پالئوزوئیک و پرکامبرین روسیه است، خزر میانی پی‌سنگ هرسی‌نین دارد و پی‌سنگ خزر جنوبی مزوزوئیک از نوع اقیانوسی و بازالتی است. پس از الیگوسن در اثر فرونشست‌های انجام شده (subsidence) نرخ رسوب‌گذاری بسیار بیشتر از سایر مناطق شده است (نرخ آن حدود ۲ میلی‌متر در سال تخمین زده می‌شود). این امر سبب شده حدود ۲۵ کیلومتر رسوبات روی پی‌سنگ ایجاد گردد. سیستم‌های هیدروکربنی حوضه‌ی خزر خیلی جوان‌تر از حوضه‌ی زاگرس هستند. در مورد نقاط کنترلی در دریای خزر باید



این نکته را اضافه کرد که سه حلقه چاهی که قبلاً حفاری شده در قسمت کم عمق دریا، نزدیک به ساحل و فاقد نتایج هیدروکربنی بوده است. اطلاعات این سه چاه کامل بوده و به غیر از مغزه‌ها و خرده‌ها، تمامی اطلاعات از مدیریت اکتشاف به شرکت نفت خزر انتقال داده شده است. در چاه خزر-۱ در قسمت پلیوسن حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر مغزه گیری انجام شده و در ناحیه‌ی مقدار و میثم بر اساس اطلاعات مدیریت اکتشاف سر سازندها دقیق مشخص نشده است.

در مجموع از نظر زمین شناسی با تکیه بر اطلاعات سه حلقه چاه ذکر شده می توان لیتولوژی سازندهای ناحیه را مشخص کرد. اما به علت عدم دسترسی به بیرون زدگی های زمین شناسی (out crop) مناسب، واحدهای لیتواستراتیگرافی برگرفته از واحدهای لیتواستراتیگرافی آذربایجان و ترکمنستان مشخص شده اند. آنها هم سازندها را با مفهوم واقعی تعریف نکرده اند و اشکوبها را بر اساس اشکوبهای زمانی و رسوبات معادل با آن در نظر گرفته اند (مثلاً آپشرون، چلکن، آکچاگیل و ...). البته واحدهای در نظر گرفته شده در سمت ایران تفاوت لیتولوژی و ضخامت فاحشی با معادل های خود در ترکمنستان و آذربایجان دارند. لازم به ذکر است که سیستم رسوبی غالب، سیستم تخریبی است و رسوبات عمدتاً آواری و از نوع ماسه سنگ، سلیتون و سنگ رس هستند. وقتی به رسوبات کرتاسه برخورد می کنیم به آهک و شیل تبدیل می شود که با زون کپه داغ مشابهت دارد.

توالی سازندها در چاه های حفاری شده به راحتی قابل تمایز نیست؛ چرا که از نظر سنگ شناسی تغییرات زیادی دیده نمی شود تا نیاز به مطالعات بیشتر در زمینه ی پالئونولوژی، مطالعه و مقایسه ی لاگ های الکتریکی،

اطلاعات ژئوشیمی و مطالعه ی کانی های رسی داشته باشد. البته کشور آذربایجان با سابقه ی حفاری چندین دهه در دریای خزر، در این زمینه تجربه ی مناسبی دارد که می توان از آن استفاده کرد. هر چند آذربایجانی ها واحدهای چینه شناسی را تعریف کرده، مارکرهای مورد نیاز برای تطابق چینه شناسی را دارند و برای نام گذاری از آنها استفاده می کنند.

در مجموع با در نظر گرفتن توضیحات بالا، در مطالعات SCSG چارچوب ساینمو استراتیگرافی (Sismo stratigraphy) برای مطالعه ی سازندها در نظر گرفته شد که این نوع مطالعه نیازمند افق هایی با ارزش استراتیگرافی زیاد است. به همین علت از پایین سری تولیدی (پلیوسن زیرین) تا کف دریا هشت افق تعریف شده که این تعاریف بر مبنای ژئومتری لایه ها، تغییر رخساره ها (پیش روی، پس روی و ...) و مارکرهای روی خطوط لرزه ای انجام شده است. تمامی خطوط استراتیگرافی در حوضه ی دریای خزر قابل ردیابی تشخیص داده شده و بر اساس چارچوب ذکر شده برای تطابق مورد استفاده قرار می گیرند.

اكتشاف و تولید: با توجه به اینکه فواصل چاه های حفر شده در دریای خزر زیاد است مبنای مطالعات شما بیشتر بر چه اساسی استوار است؟

طاعتی: اساس مطالعات، تطابق زمین شناسی بر اساس ساینمیک استراتیگرافی است که روی خطوط ساینمیک و سه بُعدی انجام شده است.

غلامی: در مطالعات ژئوفیزیکی در حوضه ی خزر جنوبی، خلأ (Gap) پوشش لرزه نگاری نداشته ایم. در مطالعات SCSG حدود ۷۳ حلقه چاه در خشکی و دریا بررسی شده که از این میان، اطلاعات ۲۹ حلقه چاه کامل است

و اطلاعات نمودار گیری آنها نظیر نمودارهای سرعت (sonic) و سایر نیازمندی ها نیز موجود بوده و کاملاً مطالعه شده است. بر اساس تفسیر چینه ای مقاطع لرزه ای، هشت افق تفسیری تعیین شده که نخستین آنها افق بستر دریاست. افق های تفسیر شده با مارکرهای چاه های شاه دنیز در شمال منطقه و سه چاه مقدار، میثم و خزر-۱ در جنوب نیز تطبیق داده شده است. با بررسی نقشه های هم ضخامت (Thickness Map) ناحیه ای، میزان تغییر ضخامت لایه ها در بخش شاه دنیز در مقایسه با بخش ایرانی خزر (جنوب خزر) قابل مشاهده و محاسبه است. بنابراین با در دست داشتن چنین اطلاعاتی، فاصله ی بیش از ۱۰۰ کیلومتری ما از شاه دنیز دلیلی بر نتوانستن یا میسر نشدن تفسیر داده های لرزه نگاری نبوده و با کنار هم قرار دادن تمامی اطلاعات چاه ها، داده های لرزه نگاری و سایر فن آوری ها می توان مطالعه را به صورت یکپارچه انجام داد. قابل ذکر است که داده های لرزه ای سه بُعدی برداشت شده توسط اداره ی ژئوفیزیک شرکت نفت خزر، بهترین کیفیت ممکن (در حد وضوح تصاویر لرزه ای سه بُعدی) را دارند. این اطلاعات مهم ترین و اصلی ترین ابزار در فعالیت های پایه ای اکتشافی هستند که حاصل آنها کشف نفت در نخستین ساختار حفر شده در حوضه ی خزر جنوبی (میدان نفتی سردار جنگل) بوده است.

اكتشاف و تولید: با توجه به مشکلات تأثیرگذار عملیات حفاری در آبهای عمیق دریای خزر، مختصری در این خصوص چالش های موجود در این زمینه توضیح دهید.

رحمانلو: با عنایت به سابقه ی طولانی بنده در حفاری و تجربه ی فعالیت در تمامی مناطق خشکی و دریایی کشور باید گفت که مقوله ی

حفاری در دریای خزر کاملاً متفاوت از سایر نواحی است. زیرا حفاری در این منطقه در عمق حدود ۷۰۰ متری آب دریا، نخستین تجربه‌ی کشور در زمینه‌ی حفاری در آبهای عمیق است که با توجه به محدودیت استفاده از منابع خارجی مدیریت و برنامه‌ریزی عملیات حفاری توسط کارشناسان بومی انجام شده و هدایت این عملیات کاملاً در شرکت نفت خزر صورت می‌پذیرد.

برخی از مشکلات تأثیرگذار عملیات حفاری به شرح زیر است:

■ برای شناخت تشکیلات زمین‌شناسی، سازندها و نیز مخازن هیدروکربنی جهت آغاز موفقیت‌آمیز عملیات حفاری، از شباهت‌های موجود بین چاه در حال حفاری با چاه‌های مجاور (معمولاً در فاصله‌ی ۵۰۰ متری تا ۲ کیلومتری) استفاده می‌شود؛ این در حالی است که نزدیک‌ترین میدان حداقل ۱۰۰ کیلومتر با میدان سردار جنگل فاصله دارد و همین امر ریسک عملیات حفاری را افزایش می‌دهد.

■ با توجه به تفاوت‌های حفاری در خشکی یا آب کم‌عمق با حفاری در آب عمیق، غبارآلود بودن بستر دریا و عدم وجود دید کافی در بیشتر مواقع در طول عملیات جابجایی و در زمان حفاری بدون رایزر، وجود جریان در بستر دریا، سستی بستر دریا، وجود جریانات پر فشار کم‌عمق (SWF= Shallow Water Flow)، گازهای کم‌عمق (Shallow Gas) و سرعت رسوب‌گذاری فراوان که سبب تولید لایه‌هایی با فشار سازندی بحرانی و غیرعادی می‌شود از معضلات کار در آبهای عمیق به‌شمار می‌رود.

■ به‌منظور آغاز عملیات حفاری در چاه اکتشافی، به حفر حفره‌ی راهنما (pilot hole) نیاز است که از طریق آن می‌توان محل نصب لوله‌های جداری به‌ویژه لوله‌ی جداری ۲۰ اینچ و نیز شناخت بهتری از مسیر حفاری از لحاظ

وجود پاکت‌های گازی و ... را به‌دست آورد. ■ موانع طبیعی از قبیل گسل‌های فراوان و پیچیده در مسیر حفاری سبب هرزروی‌های شدید حین عملیات حفاری می‌شد که عمدتاً منجر به ارتباط چاه با بستر دریا می‌گردید.

■ به‌دلیل آبکی و سست بودن رسوبات زیر بستر دریا، امکان سیمان‌کاری مناسب و پایدار کردن لوله‌های جداری بسیار کار دشواری بود که برای حل این مسأله از ترکیبات مختلف سیمان استفاده شد. مثلاً جدیدترین ترکیب سیمان معرفی شده توسط شرکت شلمبرژه برای حفاری در آبهای عمیق (با وزن تقریبی دوغاب سیمان ۱۰ ppg) مورد بهره‌برداری قرار گرفت که باز هم به‌دلیل شرایط رسوب‌گذاری لایه‌ها این روش نیز موفق نبود.

■ ضخامت زیاد لجن در زیر بستر دریا (حدود ۱۵ متر) از دیگر معضلات حفاری در بخش جنوبی دریای خزر به‌شمار می‌رود.

■ برخورد با لایه‌ها و جریان‌های پر فشار و هرزروی توأمان چاه

■ ریسک برخورد با گل‌فشان و هیدروکربن

■ از دیگر مسائلی که سبب افزایش زمان حفاری و زمان‌های انتظار احتمالی دکل حفاری نیمه‌شناور و در نهایت تأخیر در عملیات حفاری می‌شود، نبود امکانات، تجهیزات لازم و کارشناسان متخصص در کشور است. البته شایان ذکر است که حفاری در آبهای عمیق در کشور بسیار نوپا بوده و پرورش نیروهای باتجربه در کشور نیازمند زمان است. از جمله دلایل منجر به تأخیر عملیات می‌توان به تعمیر و تأمین قطعات مورد نیاز جهت سرویس و نگهداری شیرهای فوران‌گیر (BOP) اشاره کرد که در نوع خود بسیار خاص و منحصر به فرد بوده و جهت کنترل فوران چاه استفاده می‌شود. شیرهای بالا با فشار کاری ۱۵،۰۰۰ psi، به‌طول تقریبی ۱۴ متر و وزن ۲۰۲ تن توسط رایزر به‌درون

دریا رانده شده و در بستر دریا روی شیر زیر دریایی (Well Head) نصب می‌گردند.

به‌طور کلی جهت رفع مشکلات حفاری در دریای خزر به ویژه با در نظر گرفتن شرایط فعلی، تمامی روش‌های موجود جهت پیشروی حفاری در دستور کار قرار گرفت. در این بین می‌توان به استفاده از سیمان حاوی کلرید کلسیم اشاره کرد که جهت انجام عملیات سیمان‌کاری در فواصل مختلف چاه مناسب ارزیابی شد. همچنین برای راندن لوله‌های جداری ۳۰ اینچ در لایه‌های نرم و سست زیر بستر دریا که در حفاری آبهای عمیق متداول است از روش شستشوی jetting نیز استفاده شد.

اکتشاف و تولید: در مناطقی که شرایط تقریباً مشابهی با دریای خزر دارند از روش‌های نوین مطالعاتی مثل ژئومکانیک برای تعیین محل دقیق حفاری‌ها استفاده می‌شود. آیا شرکت نفت خزر از این روش‌های جدید استفاده می‌کند؟

گیتی: در نمودارهای برداشت شده در چاه-۱ نمودار تصویرگر صوتی (MSIP) و همچنین در بخش بالاتر از مخزن، نمودار تصویرگر صوتی حین حفاری (SonicVision) برداشت و مطالعه‌ی اولیه‌ی ژئومکانیکی روی آن انجام شده است. با توجه به نرخ فشردگی (Rare of Compaction) کم و رسوبات سست (Unconsolidated) در دو حلقه چاه حفاری شده، قرائت نمودارهای صوتی برای هر دو نوع موج طولی و عرضی به‌شدت تحت تأثیر بوده و با اطلاعات صوتی برداشت شده از سایر میادین هیدروکربنی کشور، تفاوت دارند. امید است در آینده با مغزه‌گیری و دریافت اطلاعات کامل‌تر نمودارها بتوان مطالعه‌ی جامعی در این راستا آغاز کرد. البته این مطالعه و بررسی



مدل فشار فضای متخلخل در قالب بخشی از مدل سازی مخزن در شرف انجام است. در ادامه در خصوص مشکلات تأمین کالا و لجستیک برای سکوی امیر کبیر بحث هایی انجام شد. مرکزیت اغلب شرکت های جانبی و پیمانکار و کالاهای بخش بالادستی صنعت نفت (مثل حفاری یا نمودار گیری) در اهواز یا کیش مستقر است. این در حالی است که پایگاه عملیاتی شرکت نفت خزر در نزدیکی بهشهر بوده و سکوی امیر کبیر نیز فاصله ی زیادی با این پایگاه دارد. بنابراین برنامه ریزی دقیقی جهت تأمین به موقع و کم هزینه ی ابزار نیاز است.

اکتشاف و تولید: در مورد مطالعات مخزن و برنامه های تولیدی در شرکت نفت خزر چه اقداماتی انجام شده است؟

شیرزادی: مطالعات مخزنی اولیه ی ساختارهای خزر جنوبی در قالب کارگروه SCSG و بر پایه ی تفسیر اطلاعات لرزه ای و وارون سازی های ژئوفیزیکی مربوطه و نیز اطلاعات درون چاهی حاصل از میدین کشورهای هم جوار است. از طرفی به منظور تعیین میزان هیدروکربن قابل بازیافت از هر ساختار، یک بانک اطلاعات شامل اطلاعات چاه های میدین هیدروکربنی فراساحل دریای شمال در قالب یک نرم افزار داخلی شرکت شل استفاده شده است. مدل سازی های مربوط به مخزن (شامل سطوح تماس، تعداد زون های مخزنی و خصوصیات سنگ و سیال)، مدل سازی نرخ تولید هر چاه، خصوصیات PVT سیالات مخزنی و نیز مدل تغییرات فشار و دمای مخزن بر اساس اطلاعات و تحلیل های مختلف مهندسی نفت و نیز اطلاعات و گزارش های منطقه ای تدوین شده و در نهایت مقدار هیدروکربن درجا و هیدروکربن قابل بازیافت محاسبه شده است.

با توجه به اکتشافی بودن و عدم قطعیت های هر کدام از خصوصیات مخزنی، در محاسبات حجمی از روش آماری مونت کارلو استفاده شده و احجام خوش بینانه، بدبینانه و بیشترین احتمال در گزارش ها ارائه شده است. توجه به این مطلب حائز اهمیت است که بیشتر ساختارهای ژئوفیزیکی مشخص شده در خزر جنوبی در بخش آبهای عمیق دریا واقع شده اند و مطالعات تخصصی روش های توسعه و تولید از این ساختارها در قالب مطالعات استراتژیک طرح توسعه (SMDP) با همکاری شرکت Petro-Consultant MAI انجام شده است. بر اساس همین مطالعات و نیز با توجه به پیش فرض های مدنظر، سناریوهای مختلفی جهت توسعه ی هر ساختار بررسی و تحلیل شده است.

لازم به ذکر است که فن آوری های خاص و پیشرفته ی توسعه و تولید از ساختارهای آبهای عمیق، هزینه های فراوان سرمایه ای و عملیاتی مورد نیاز، همکاری با شرکت های صاحب تجربه و نیز سرمایه گذاری های بین المللی، در تسریع پروژه های توسعه ای بسیار مؤثر است.

طی مطالعه ی ساختارهای حوضه ی خزر جنوبی، بر اساس معیارهای مشخص شده (حجم درجا، وجود نشانگرهای هیدروکربنی، عدم وجود گسل های ممتد تا بستر دریا و ...)، ساختار سردار جنگل در اولویت نخست عملیات حفاری اکتشافی قرار گرفت.

ساختار سردار جنگل یک تاق دیس تکتونیکی در قسمت میانی بخش جنوبی دریای خزر و در مرکز بخش آبهای عمیق در بلوک ۶-، در فاصله ی ۲۱۰ کیلومتری شرق شهر آستارا و ۱۹۳ کیلومتری شمال نوشهر واقع شده است. در میدان سردار جنگل دو حلقه چاه حفاری شده است. حفاری چاه-۱ در تاریخ ۸۸/۱۱/۲۰ با هدف حصول اطلاعات

مخزنی جهت دستیابی به ذخائر هیدروکربنی موجود در سری چلکن و ارزیابی پتانسیل و قابلیت تولید مخزن آغاز شد. پس از عملیات مشبک کاری در لایه ی مخزنی و راندن تجهیزات ته چاهی در این چاه، طبق برنامه طراحی شده آزمایش ساقمته انجام گرفت. در نتیجه ی آزمایش های جریانی، جریان نفت در این چاه مشاهده شد. با استفاده از نتایج آزمایش ساقمته در این چاه می توان به تراوایی اطراف چاه، محدوده ی جریانی آن و موانع احتمالی تولیدی (مثل گسل ها) پی برد.

حفاری چاه-۲ در تاریخ ۹۱/۰۹/۲۲ و در فاصله ی ۱۴۰۰ متری از چاه-۱ آغاز شد. در این چاه با اندازه گیری فشار در ۱۰ نقطه، آزمایش MDT انجام گردید. نتایج حاصل از این آزمایش کمک زیادی جهت تعیین ارتباط بین لایه ای (در صورت وجود اختلاف فشار) خواهد کرد. همچنین از نتایج این آزمایش می توان برای تعیین و شناسایی سطوح تماس استفاده نمود. قابل ذکر است که حین انجام این آزمایش، تعداد شش سیلندر از نمونه ی سیال مخزن اخذ شد که سه سیلندر آن جهت انجام آزمایش های سیال مخزن در اختیار دو آزمایشگاه مختلف قرار گرفت. در نهایت هر آزمایشگاه بر اساس کنترل کیفی اولیه، نمونه ای جهت انجام آزمایش های تکمیلی انتخاب کرد که نتایج هر دو آزمایشگاه همخوانی خوبی با یکدیگر داشت. نتایج آزمایش های نمونه ی سیال مخزن برای تعیین و کالیبراسیون معادله ی حالت نفت مخزن استفاده می شود. در حال حاضر با استفاده از آزمایش ها و داده های اخذ شده از این دو حلقه، به روز رسانی مدل استاتیک در حال انجام است و متعاقب آن مدل دینامیک اولیه ای برای لایه ی نفتی تدوین خواهد شد.

طبق برنامه ی طراحی شده، آزمایش ساقمته روی چاه-۲ در حال انجام است. همان طور

که قبلاً اشاره شد با توجه به هزینه‌ی فراوان تولید در آبهای عمیق، برای تعیین پتانسیل نهایی، آزمایش طولانی مدت Extended well testing چاه-۲ در حال برنامه‌ریزی و طراحی است.

نفت تولید شده از نخستین لایه‌ی ساختار سردار جنگل درصد قابل ملاحظه‌ای واکس دارد که این خود چالش جدیدی برای تولید از این میدان به‌شمار می‌رود. البته این مشکل در چندین میدان تولیدی دنیا وجود دارد که در این موارد برای جلوگیری از ترسیب واکس در لوله‌های تولید از روش‌های گرمادهی یا بازدارنده‌ها استفاده می‌شود.

متین فرد: تولید از این میداین آبهای عمیق از دیگر چالش‌های این حوزه است که مورد توجه تمامی شرکت‌های بزرگ فعال در این زمینه نیز هست. همگی به این نکته اذعان دارند که چالش تولید در آبهای عمیق، بزرگ‌تر از چالش اکتشاف در این آبهاست. چالش‌های عمده‌ی این زمینه که از نخستین چاه حفاری شده در دوره‌ی آزمایش رخ داد عبارتند از:

■ **دمای آب:** در بستر دریا دمای آب ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد است که می‌تواند مشکلاتی در زمینه‌ی واکس و آسفالتین ایجاد کند.

■ **سازند:** یک بستر و سازند سست و ناپیوسته (Loose) وجود دارد که هنگام تولید سبب تولید ماسه می‌شود.

■ **مشکلات تأسیساتی و فرآیندی** ضمن اینکه مشکلات تولیدی مشترکی در خشکی، ساحل و دریای عمیق وجود دارد. از جمله وجود آب همراه سیال تولیدی مخزن که نیازمند تأسیسات فرآورش متناسب با نوع سیال (نفت، گاز و میعانات گازی) خواهد بود. در تقسیم‌بندی تولید از آبهای عمیق، از بستر دریا به پایین شامل چاه و مخزن و از بستر

دریا تا سطح سیستمی به نام SURF است. این سیستم در واقع مجموعه‌ای از تجهیزات است که دسترسی به آن محدود و تنها در اختیار شرکت‌های بزرگ بین‌المللی بوده و هنوز دانش آن در اختیار ما قرار ندارد.

مشکلات تولید در آبهای عمیق بسیار بزرگ‌تر از تولید در خشکی و ساحل است. تولید از بخش جنوبی خزر حتی در مقایسه با حوزه‌های مشابه مانند شاه‌دینیز هم با مسائل پیچیده و خاصی روبرو است. همین امر باعث شده برنامه‌ی تولید شاه‌دینیز از ۲۰۱۴ به ۲۰۱۸ تغییر کند. باید این واقعیت را در نظر گرفت که تولید از خزر نیز نیازمند یک برنامه‌ریزی دقیق و طولانی است.

اکتشاف و تولید: با توجه به مباحث طرح شده و پیچیدگی‌های خاص در زمینه‌ی اکتشاف، حفاری و تولید از آبهای عمیق در دریای خزر، پژوهش و فن‌آوری شرکت نفت خزر چه برنامه‌هایی جهت یاری رساندن به بخش‌های فنی و استفاده از فن‌آوری‌های روز در این زمینه دارد؟

خودآفرین: از حدود سال ۸۰ که مدیریت پژوهش و فن‌آوری شرکت ملی نفت پایه‌گذاری شده تا حدود سال ۸۸، بیشتر تلاش‌ها در راستای ظرفیت‌سازی و ایجاد پتانسیل‌های مورد نیاز در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی بوده و از سال ۸۹ به بعد این مدیریت وارد حوزه‌ی تعریف پروژه‌های پژوهشی در صنعت نفت کشور شده است. اما فعالیت‌های نفتی شرکت نفت خزر در حوزه‌های نو و جدیدی است که فاقد سابقه‌ی فعالیت در سایر مناطق کشور می‌باشد. پژوهش و فن‌آوری شرکت نفت خزر از سال ۸۹ اقدام به تعریف پروژه‌های مورد نیاز در بخش‌های عملیاتی و فنی کرده و از سوی

دیگر همزمان شروع به ایجاد ظرفیت‌های مختلف در بخش‌های پژوهشی و دانشگاهی کشور کرده است. به‌عنوان مثال در دانشگاه صنعت نفت بخش فراساحلی تأسیس شده و در پژوهشگاه صنعت نفت نیز قرار است پژوهشکده‌ی فن‌آوری‌های آبهای عمیق احداث و راه‌اندازی شود. در دانشگاه سهند تبریز حوزه‌ی مطالعات سازه‌های نیمه‌شناور در دیارتمان سازه‌های دریایی فعال شده است. همچنین فعالیت‌هایی در جهت شناسایی مراکز توانمند در فن‌آوری‌های مورد نیاز حفاری در آبهای عمیق صورت گرفته است.

با دستور مدیر عامل محترم شرکت نفت خزر اهتمام ویژه‌ای در بحث مستندسازی تمامی فعالیت‌های شرکت انجام شده تا تجارب منحصر به فرد موجود با خروج یا بازنشستگی افراد از بین نرود و نسبت به تدوین و مستندسازی آنها اقدام گردد. همچنین در زمینه‌ی پژوهش و فن‌آوری نیز پروژه‌هایی تعریف شده است.

در خاتمه لازم است این نکته یادآوری شود که شرکت ملی نفت با ورود به حوزه‌ی حفاری و تولید از آبهای عمیق از میان‌ده‌ها شرکت مطرح بین‌المللی و ملی نفتی که قابلیت حفاری و تولید نفت و گاز در آبهای ساحلی و خشکی را دارند به کلاس بالاتری ارتقاء یافته و در میان چند شرکت محدود با توانمندی حفاری و تولید در آبهای عمیق قرار گرفته است. این مهم نیازمند تغییر نگرش در قسمت‌های مختلف نظیر برنامه‌ریزی، مالی، تأمین کالا، پژوهش، آموزش و ... است. در این زمینه حتی باید تغییر نگرش در سطح کلان‌تر و در مراکز قانون‌گذاری و سیاست‌گذاری در سطح وزارت نفت نیز انجام شود تا بتوان با تکیه بر توان داخلی و استفاده از فن‌آوری‌های روز به موفقیت‌های مدنظر دست یافت. ■