

جایگاه مطالعات ژئومکانیک در شرکت ملی نفت ایران

عبدالصمد رحمتی، وزارت نفت

علم ژئومکانیک بررسی و تحلیل رفتار زمین در برابر تنش‌ها و کلید حل بسیاری از مشکلات فیزیکی و مکانیکی حاصل از تأثیر متقابل جنس زمین در اعماق مختلف با تنش‌های موجود است. امروزه در بسیاری از عملیات‌های حفاری، تکمیل و بهره‌برداری، عدم آگاهی از وضعیت ژئومکانیکی محیط، خود به‌نوعی ریسکی بزرگ تلقی می‌گردد. بسط یک مدل ژئومکانیکی پایدار از میدان مورد مطالعه، ریسک موجود را تا حد قابل قبولی کاهش می‌دهد و مزایای با ارزش دیگری طی عمر بهینه‌ی میدان به‌وجود می‌آورد. ژئومکانیک دانشی میان‌رشته‌ای در خصوص مکانیک سنگ، زمین‌شناسی ساختمانی و مهندسی نفت است که هدف آن شناسایی مشکلات و مسائلی است که حین اکتشاف یا استخراج از مخازن نفت و گاز با آنها مواجه شده‌ایم و با عنوان مطالعات ژئومکانیکی معروف شده است.

در سراسر زمین مؤلفه‌های مختلف استرس در حال اعمال فشار به سنگ‌های موجود در زیر سطح زمین هستند. با حفر یک چاه، وضعیت استرس موجود دست‌خوش تغییراتی اساسی می‌شود که تابعی از مکان و فاصله از دیواره چاهست و پاسخ سازند به این تغییر وضعیت استرس، تابعی از مقاومت سنگ و توان استرس موجود خواهد بود. علم ژئومکانیک سعی بر شناخت استرس‌های موجود در زمین دارد تا بداند آیا این استرس‌ها در حوزه‌ای ساده قرار دارند یا

در منطقه‌ای با تقابل صفحات تکتونیکی. از این منظر هر چاهی که حفر می‌شود می‌تواند به‌عنوان یک آزمایش مکانیک سنگی تلقی گردد.

مطالعات ژئومکانیک به‌عنوان حلقه‌ی مهم و در حال حاضر مفقود در بخش بالادست صنعت نفت، از لحاظ افزایش بازده و کاهش هزینه و زمان از آغاز اکتشاف تا فرآیند توسعه و تولید و در نهایت ترک مخزن جایگاه ویژه‌ای دارد که باید به‌نحو مقتضی مورد توجه خاص قرار گرفته و ضرورتاً در مطالعات توسعه‌ی میدان (MDP) و تهیه‌ی برنامه‌ی جامع ازدیاد برداشت از مخازن نفتی استفاده شود. در ادامه مشکلات مهم بخش بالادستی نفت و همچنین کاربردهای ژئومکانیک نفت به‌عنوان علم نوپای دنیا که طی ۱۵ سال گذشته به‌شدت مورد توجه شرکت‌های بین‌المللی معتبر بوده توضیح داده می‌شود.

۱- مشکلات تهیه‌ی گل حفاری و طراحی پنجره‌ی ایمن گل
۲- وجود مشکل در انتخاب یا ساخت سر مته‌ی مناسب برای سازند با در نظر گرفتن مقدار RPM و WOB و جنس سازند و نوع گل جهت افزایش نرخ حفاری
۳- عدم پایداری دیواره‌ی چاه‌ها حین انجام عملیات حفاری
۴- جلوگیری از گیر کردن رشته‌ی حفاری و ایجاد پدیده‌ی مچالگی (Casing collaps) در لوله‌های جداری و آستری
۵- ارزیابی مقدار انحراف و جابه‌جایی

چاه‌های توسعه‌ای جهت‌دار و افقی
۶- کمک مؤثر در طراحی چاه‌های

Multi-lateral

۷- طراحی و پیش‌بینی فشار منفذی سازندهای زمین‌شناسی هنگام عملیات حفاری

۸- استفاده از علم ژئومکانیک در تحریک و انگیزش چاه‌ها

۹- پیش‌بینی و مدیریت تولید ماسه در مخازن ماسه‌سنگی و مخازن استحکام نیافته

۱۰- افزایش بازده تولید

۱۱- طراحی مناسب برای تدوین برنامه‌ی پیش‌بینی تولید ماسه در مخازن

۱۲- استفاده از علم ژئومکانیک در مطالعات مخازن شکاف‌دار و به‌ویژه مخازن کربانه

۱۳- ناکام ماندن فعالیت‌های شکافی هیدرولیکی و تزریق اسید به مخازن در چاه‌های نفت و گاز ایران

۱۴- وجود مشکل در طراحی دقیق چاه‌های انحرافی و افقی به‌ویژه در لایه‌های مخزنی نازک

۱۵- استفاده از علم ژئومکانیک در روش‌های ازدیاد برداشت از مخازن

۱۶- پدیده‌ی تراکم، فشردگی مخزن و نشست لایه‌های نفتی به‌دلیل تولید از مخازن

۱۷- بررسی مقدار شکست پوش‌سنگ جهت تدوین برنامه‌ی تزریق گاز در

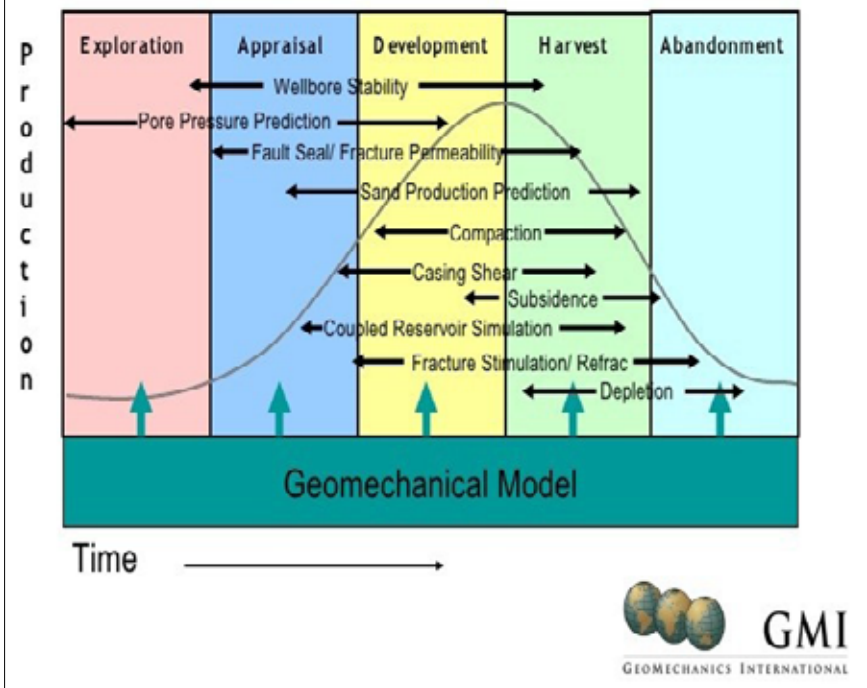
مخازن، بهبود فرآیندهای تزریق و جلوگیری از نشست گاز در پروژه‌های ذخیره‌سازی گاز

عملکردی مخزن است که این مسأله وابسته به مطالعات ژئومکانیکی مخزن است و منجر به بهینه‌سازی برداشت و تزریق خواهد شد. بنابراین توسعه پایدار و صیانتی میدین، مستلزم رصد رفتار ژئومکانیکی مخزن است. با توجه به عرصه رقابتی موجود در دنیا در خصوص درآمدزایی و کاهش زمان و هزینه حفاری، با توجه به موضوعیت مباحث تحریم، اقتصاد مقاومتی و نیز توانمندی بالقوه‌ی کارشناسان موجود در کشورمان، روی آوردن جدی به این علم اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. امروزه نقش متغیرهای ژئومکانیکی از جمله فشار آب منفذی، استرس، مؤلفه‌های مقاومتی سنگ به‌همراه ساختارهای زمین‌شناسی

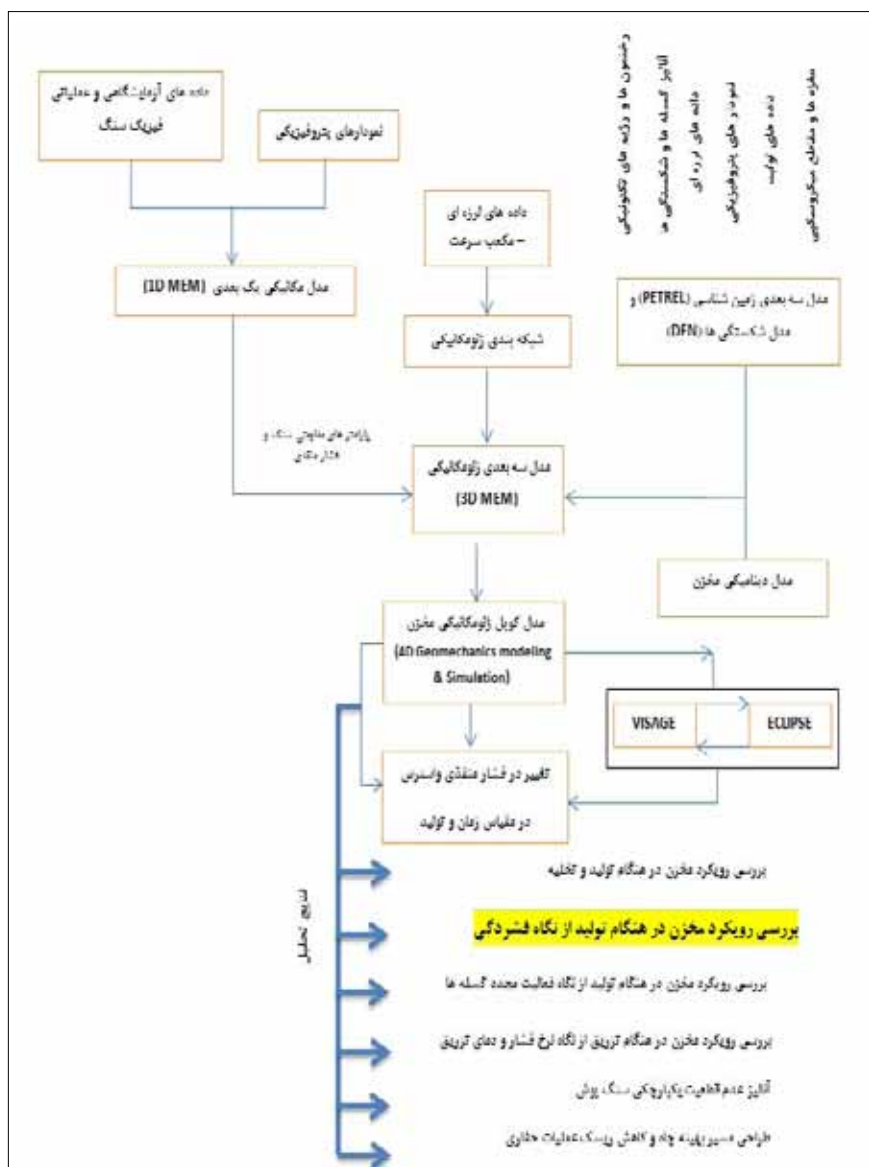
بالادستی بوده و به‌کارگیری روش‌های آن هزینه‌های عملیاتی و زمان انجام عملیات را کاهش و تولید و بهره‌وری را افزایش می‌دهد. بر این اساس آموزش افراد و استفاده از فن‌آوری‌های آن مثل تجهیزات و امکانات تخصصی در صنعت نفت بسیار مورد تأکید است. همچنان که طی سال‌های اخیر استفاده از علم ژئومکانیک نفت مثل شکاف هیدرولیکی در سطح جهان توانسته موجب ازدیاد برداشت در مخازن متعارف و غیرمتعارف شود. در شکل-۱ کاربردهای ژئومکانیک نشان داده شده است. مدیریت صحیح مخازن هیدروکربوری در گرو شناخت دقیق‌تر متغیرهای مخزن و مهم‌تر از آن شناخت ناهمگنی در رفتار

۱۸- استفاده از علم ژئومکانیک در تفسیر داده‌های چاه‌نگاری به‌ویژه در نمودار DSI
 ۱۹- استفاده از علم ژئومکانیک در مطالعه‌ی مغزه‌های نفتی مخازن و تهیه‌ی شناسنامه‌ی ژئومکانیکی برای آنها
 ۲۰- انتخاب بهینه‌ی استراتژی‌های توسعه‌ی میدان
 ۲۱- مدیریت بهینه‌ی مخازن هیدروکربوری
 ۲۲- طراحی بهترین مسیر حفاری و نیز انجام حفاری چاه‌ها به‌صورت حفاری زیرفشار تعادلی
 ۲۳- انتخاب روش‌های مناسب و محل‌های مناسب برای تکمیل چاه‌های توسعه‌ای
 ۲۴- طراحی و کالیبراسیون مدل‌های فیزیک سنگ
 ۲۵- استفاده از مدل‌سازی کوپل مخزن-ژئومکانیک در فرآیندهای شبیه‌سازی مخزن و تطابق تاریخچه‌ی تولید

Geomechanics Through the Life of a Field



در سال‌های اخیر پس از انجام آسیب‌شناسی مشخص شده که علم و فن‌آوری‌های مرتبط با ژئومکانیک نفت یکی از بهترین شیوه‌های حل مشکلات فوق است که بیش از ۱۵ سال است در شرکت‌های نفتی دنیا از آن استفاده می‌شود و برای حل مشکلات عملیاتی بسیار مؤثر بوده است. در حالی که متأسفانه جای این رشته‌ی تخصصی و ساختار مربوطه در شرکت ملی نفت ایران خالی است. با بررسی چالش‌ها و مشکلات عملیاتی شرکت‌های نفتی بزرگ دنیا مشخص شده که علم و فن‌آوری مرتبط با ژئومکانیک نفت، حلال بسیاری از مشکلات نفت به‌ویژه در بخش



در طول حیات میادین نفتی و گازی، در ارزیابی پایداری چاه‌ها، فعالیت مجدد گسله‌ها، نشست سطح زمین، فشردگی مخزن و برنامه‌های ازدیاد برداشت قابل اغماض نیست. از مهم‌ترین مسائل مربوط به مطالعات چهاربعدی ژئومکانیکی، شناسایی نقاط خطر مخزن بوده که بر اساس تفسیر فشردگی مناطق مختلف مخزن محقق می‌گردد. عدم توجه به تأثیرات فشردگی مخزن در طول عمر آن، منجر به به‌تله افتادن بخشی از نفت قابل برداشت می‌گردد. مطالعه‌ی موردی در زمینه‌ی فشردگی مخزن برای برخی میادین نفتی کشور نشان‌دهنده‌ی آنست که بی‌توجه به رفتار ژئومکانیکی منجر به فشردگی مخزن در نواحی مختلف شده و همین مسأله باعث شده مقادیری از نفت قابل برداشت اولیه از دسترس تولید خارج گردند.

نتیجه‌ی مطالعات حاکی از آنست که تصمیم‌گیری صحیح در خصوص توسعه، جز با رویکرد یکپارچه‌ی مطالعات ژئومکانیکی محقق نشده و عدم توجه کافی به این مسأله‌ی اساسی منجر به تحمیل خسارات جبران‌ناپذیر و از دست رفتن هزینه و فرصت‌های زیادی در زمینه‌ی مدیریت مخازن هیدروکربوری می‌شود؛ به‌طوری که در برخی چاه‌ها محدوده‌ی تولید چاه از ۱۰۰۰ به ۱۰ فوت رسیده (حتی بعد از اسید کاری)؛ به‌عبارتی دیگر نفت قابل برداشت به‌دلیل عدم مدیریت صحیح تولید و تزریق به تله افتاده است. با توجه به مطالب گفته شده می‌توان دریافت که تحلیل‌های ژئومکانیکی شاید امروزه به‌عنوان حلقه‌ای مفقود در مطالعات بالادستی صنعت نفت مطرح است که با به‌کارگیری آن می‌توان شاهد

شکل ۲ | فلوجارت انجام کار در نگاه کلان ژئومکانیک

ژئومکانیک در معاونت‌های فنی شرکت‌های تابعه‌ی شرکت ملی نفت ایران ایجاد گردد تا با تأمین و تخصیص بودجه‌ی مورد نیاز در قالب طرح‌های مطالعاتی و عملیاتی فعالیت این بخش آغاز گردد. در این راستا ضروری است جمع‌آوری اطلاعات این بخش و تهیه‌ی بانک اطلاعاتی، تربیت نیروی متخصص دانشگاهی و صنعتی، تهیه‌ی نرم‌افزارهای تخصصی و تدارک آزمایشگاه‌های مجهز مدنظر قرار گیرند. ■

صرفه‌جویی‌های عمده‌ی ارزی و ریالی گسترده‌ای در صنعت نفت بود. بنابراین انتظار می‌رود با ایجاد سازوکار مناسب مثل تشکیل اداره‌ی مطالعات ژئومکانیک در تمامی شرکت‌های تولیدی تابعه‌ی شرکت ملی نفت ایران شاهد گسترش بیش از پیش این علم نوین بوده و اثرات آنرا در افزایش بازده بخش‌های مختلف صنعت نفت کشور نظاره‌گر باشیم. بر این اساس پیشنهاد می‌گردد ساختاری به‌نام