



اصول ایمنی عملیات حفاری نفت و گاز در آبهای عمیق

تهیه و تنظیم :

رئیس واحد ایمنی، بهداشت، محیط زیست و پدافند غیرعامل
شرکت نفت خزر

فهرست

بخش اول: مقدمه

بخش دوم: چالشهای حفاری در آبهای عمیق

بخش سوم: مخاطرات و ریسکها

بخش چهارم: استانداردهای ایمنی

بخش پنجم: اصول ایمنی تکمیل چاههای حفاری

بخش ششم: آموزش نیروی انسانی

بخش هفتم: پایش و ممیزی

بخش هشتم: همکاری در زمینه ی ایمنی حفاری در آبهای عمیق

بخش نهم: نتیجه گیری

منابع

بخش اول

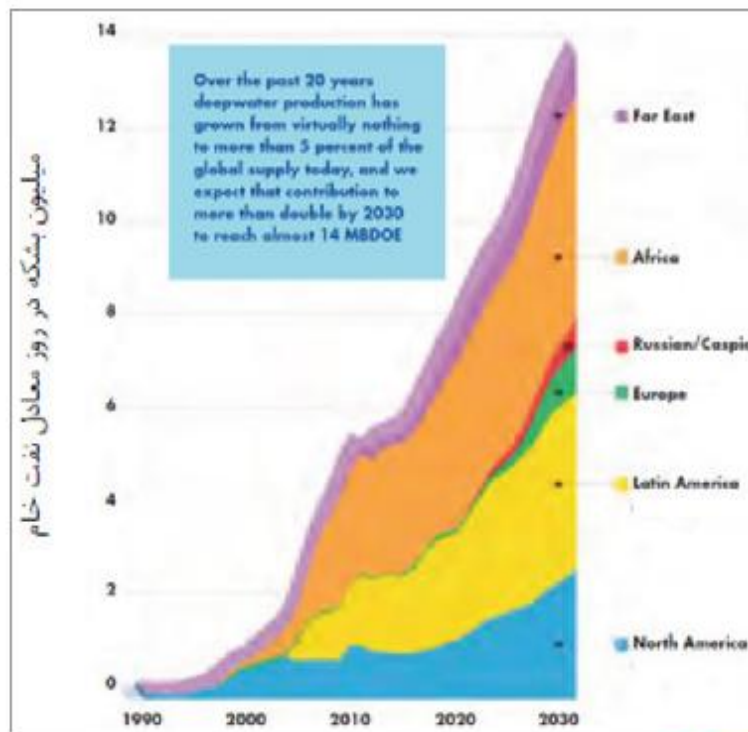
مقدمه:

از اواخر قرن نوزدهم، نفت و گاز حدود 60 درصد انرژی مورد نیاز دنیا را تأمین کرده است. اکتشاف و استخراج مخازن نفت و گاز هر روز مشکل تر و پیچیده تر می شود. منابع نفت و گاز در خشکی اغلب کشف شده و مورد بهره برداری قرار گرفته اند و امروزه دلیل نیاز بیشتر جوامع بشری برداشت از منابع نفت و گاز در آبهای عمیق آغاز شده است.

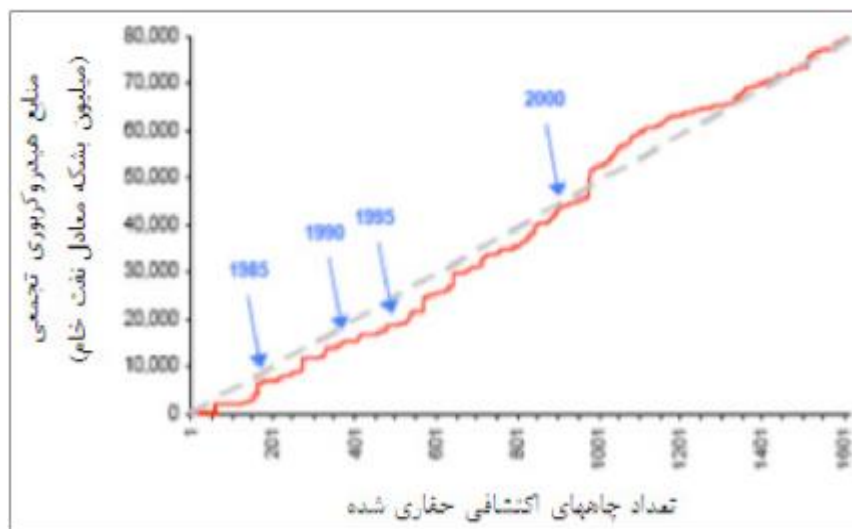
امکان حفاری چاههای نفت و گاز در فشارهای بالا و اعماق زیاد نیاز به فن آوریهای نوین دارد. اگرچه فناوری فعالیتهای نفت و گاز در آبهای عمیق روبه گسترش است اما این امر با چالشهای مختلفی نیز همراه بوده است. در حال حاضر شناخت کامل مخازن نفت و گاز، طراحی سیستم تولید، فناوری تکمیل چاهها و پیش بینی شرایط آب و هوا از چالشهای مهم پیشروی فعالیتهای نفت و گاز در آبهای عمیق است اگرچه حل این چالشها پرهزینه و زمانبر است اما فرصتی مناسب برای همکاری مؤثر دولتمردان، صنعت و دانشگاه خواهد بود.

از اواسط سال 1980 تا 2003 قیمت نفت ثابت بود (حدود 25 دلار به ازای هر بشکه) و از اوایل 2008 رشد صعودی قیمت آغاز شد. قیمت نفت در همین سال به 147 دلار به ازای هر بشکه رسید. همین افزایش قیمت یکی از عوامل اصلی گرایش بیشتر دولتها به استخراج نفت و گاز از آبهای عمیق گردیده. در سال 2007 برداشت نفت و گاز از آبهای عمیق دو برابر برداشت نفت و گاز از آبهای کم عمق بود و در حال حاضر برداشت از آبهای بسیار عمیق (بیش از 3000 متر) در نقاط مختلف دنیا آغاز شده است.

از سال 2000 تاکنون ظرفیت تولید نفت از آبهای عمیق بیش از سه برابر شده است. در این سال، تولید نفت در آبهای بیش از 2000 متر، 1/5 میلیون بشکه در روز بوده و در سال 2009 این رقم به 5 میلیون بشکه در روز بالغ گردید و پیش بینی می شود در پایان سال 2030 این میزان به 14 میلیون بشکه در روز رسیده باشد (شکل 1). در حال حاضر بیش از 14000 چاه تولیدی در آبهای عمیق دنیا حفاری شده اند. شکل 2 تعداد چاههای اکتشافی حفاری شده و منابع هیدروکربنی کشف شده در آبهای عمیق را نشان می دهد.



شکل 1 | پیش‌بینی تولید نفت و گاز در آبهای عمیق در افق ۲۰۳۰ بر اساس تفکیک منطقه‌ای



۲ | تعداد چاههای اکتشافی حفر شده و مخازن کشف شده در آبهای عمیق

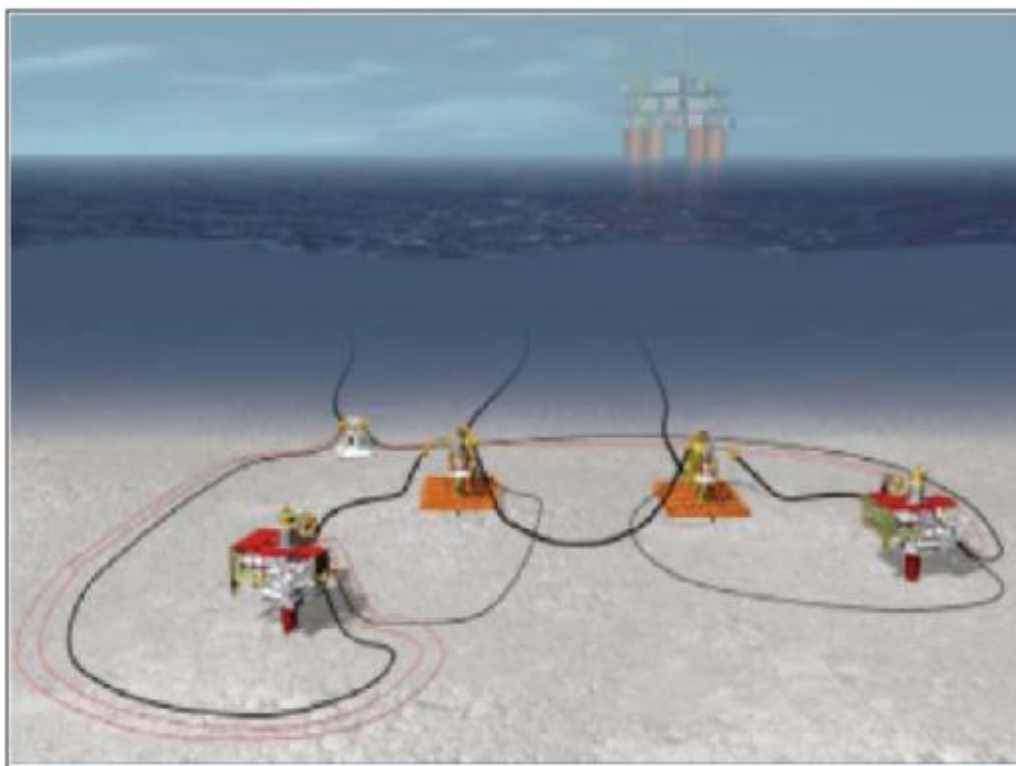
وجود منابع هیدروکربنی در دریای خزر نیز موجب شده کشورهای حاشیه این دریا به منظور استخراج و بهره برداری از منابع هیدروکربنی حضوری فعال داشته باشند. جمهوری اسلامی ایران برای بهره مندی از این منابع خدادادی و صیانت از حقوق ملی کشور، اقدام به فعالیت های اکتشافی و حفاری در آبهای عمیق دریای خزر نموده است که با توجه به حضور تعداد محدودی از کشورهای صاحب نام در عرصه آبهای عمیق، ورود ایران به این عرصه موفقیتی بزرگ محسوب می شود.

با توجه به اهمیت موضوع فوق، تهیه استانداردها و دستورالعمل های لازم برای طراحی، ساخت و عملیات حفاری نفت و گاز در آبهای عمیق، آموزش نیروی انسانی مورد نیاز، برنامه های پایش و ممیزی فعالیتها و استفاده از تجارب شرکتهای فعال در این زمینه، از ضروریات فعالیت های ایمن نفت و گاز در آبهای عمیق است.

بخش دوم: چالشهای حفاری در آبهای عمیق

با روشن تر شدن ابعاد مختلف کار در دریا، هر روز چالشهای فعالیتهای نفت و گاز در آبهای عمیق بیشتر شناخته می شود. چالشهای امروزی در زمینه ی استخراج نفت و گاز از آبهای عمیق شامل موارد زیر است:

طراحی سیستم تولید : طراحی سیستم های زیردریایی (شکل 3) برای اطمینان از تولید ایمن و کنترل چاه ها و جمع آوری و انتقال اطلاعات به منابع دوردست از لحاظ فنی، کاری چالش برانگیز است.



شکل ۳ | نمونه‌ای از تجهیزات مورد نیاز در بستر دریا برای استخراج نفت و گاز در آبهای عمیق



نیاز به مواد و تجهیزات مناسب جهت تکمیل چاه: عملیات تکمیل چاه در شرایط دما و فشار زیاد و کار در محیط خورنده دریا می باشد و همچنین در بسیاری از مخازن هیدروکربنی در آبهای عمیق میزان گاز سولفید هیدروژن بسیار زیاد و محیط بسیار خورنده است.

پیش بینی شرایط دریا و آنالیز وضعیت تولید در شرایط مختلف آب و هوایی در دریا: در این خصوص باید اثرات شرایط وخیم آب و هوایی در دریاها بر تأسیسات نفت و گاز شبیه سازی شده و در طراحی ها و انتخاب مواد مدنظر قرار گیرند.

چالش حفاری در دریای خزر: وقتی صحبت از حفر چاه اکتشافی به ویژه حفاری در آبهای عمیق خزر می شود دیگر نمی توان برای مدت عملیات حفاری زمان دقیقی تعیین نمود چرا که عملیات حفاری اولین چاه در میدان سردار جنگل تا عمق 2500 متری بارها با پدیده هایی همچون فوران آب نمک، فوران گاز و هرز روی کامل مواجه شد که منجر به افزایش مدت زمان حفاری گردید. این درحالی است که در خشکی چنین مشکلاتی با این وسعت وجود ندارد.

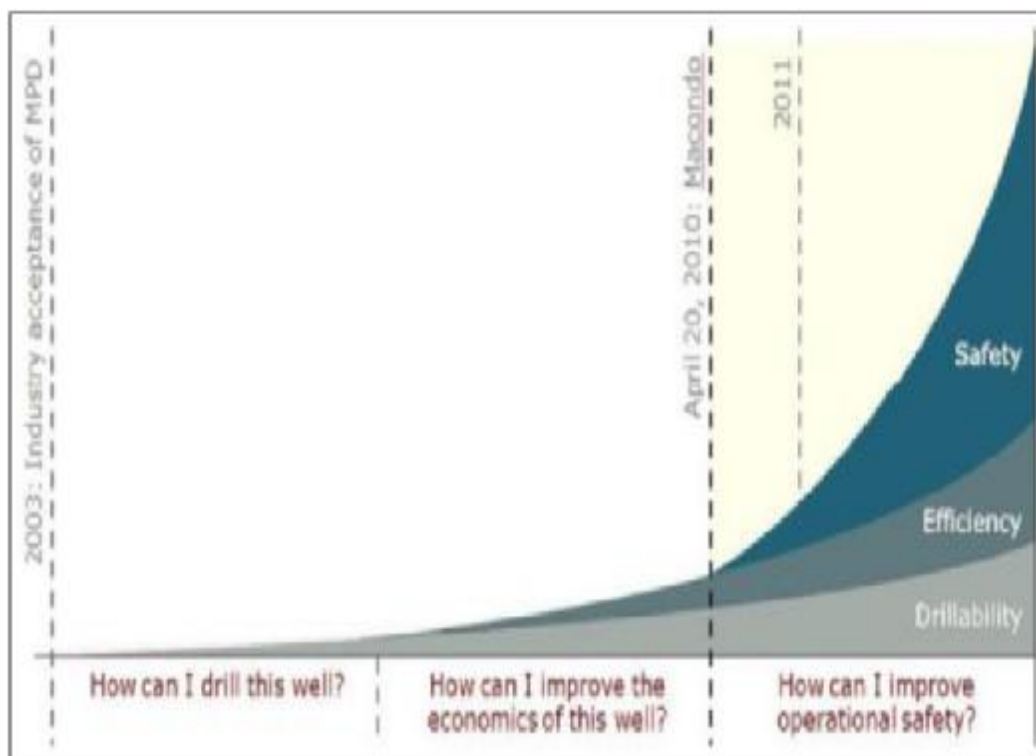
بخش سوم: مخاطرات و ریسکها

مخازن نفت و گاز در آبهای عمیق، منابعی متعارف در مکانهایی غیرمتعارف هستند. حادثه Santa Barbara در سال 1969 در آبهای کالیفرنیا، حادثه ی Piper Alpha در سال 1988 در دریای شمالی انگلیس، حادثه نفتکش Exxon Valdez در سال 1989 در آلاسکا و حادثه چاه Macondo در سال 2010 در خلیج مکزیک که باعث مرگ هزاران آبزی و آلودگی زیست محیطی گردید، از حوادث مهم رخ داده در فراساحل بوده است.



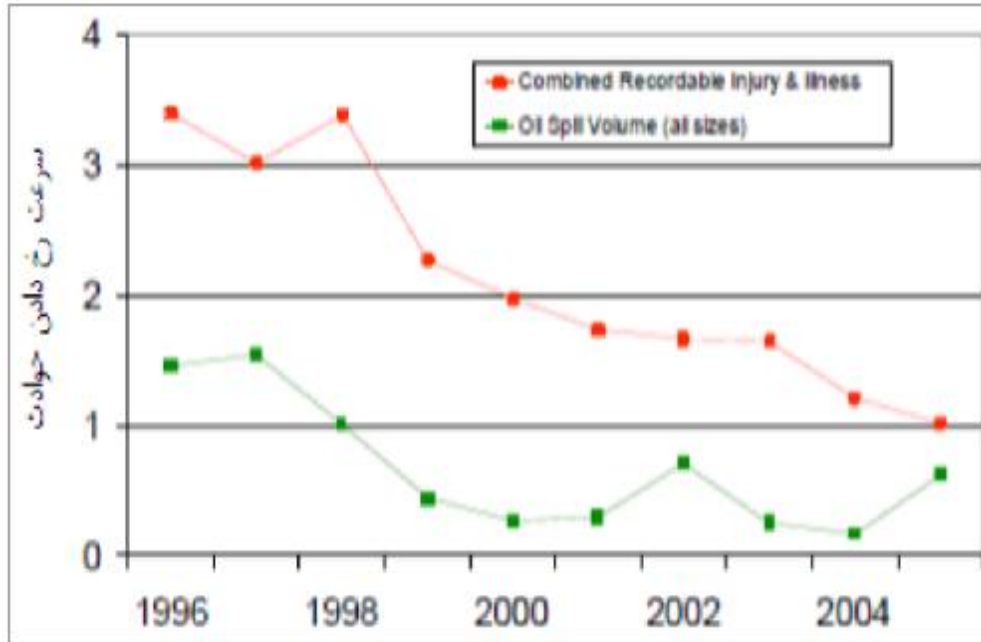
پس از بروز این حوادث مدیریت ریسک در فعالیت های نفت و گاز در آبهای عمیق اهمیت ویژه ای پیدا کرد. اساس کار مدیریت ریسک، کاهش ریسک تا مقدار معقول عملی است که به آن پایین ترین حد منطقی قابل دسترس (As Low As Reasonably Practicable) (ALARP) می گویند.

از سال 2010 به بعد، یعنی پس از حادثه ی چاه Macondo در خلیج مکزیک و همچنین با ارتقاء فن آوری، ایمنی و مدیریت ریسک جایگاه ویژه ای در فعالیتهای نفت و گاز در آبهای عمیق پیدا کرد (شکل 4).



شکل ۴ | رشد اهمیت ایمنی در فعالیتهای نفت و گاز در آبهای عمیق با گذشت زمان

شکل 5 کاهش تعداد حوادث فعالیتهای نفت و گاز در آبهای عمیق را در ایالات متحده ی آمریکا پس از توجه جدی تر به ارزیابی های زیست محیطی و ایمنی تا سال 2005 را نشان می دهد.



شکل ۵ | کاهش حوادث فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق پس از توجه جدی‌تر به انجام ارزیابی‌های زیست‌محیطی و ایمنی

بخش چهارم: استانداردهای ایمنی

حفاری چاههای نفت و گاز در فشارهای بالا و اعماق زیاد نیاز به استانداردها، دستورالعمل‌ها و استراتژی‌های دقیقی در طراحی، ساخت، عملیات و نگهداری است. بر اساس بررسی انجمن تولیدکنندگان نفت و گاز (OPG) در سال 2011 استانداردهای تهیه شده توسط سازمانهای OMHEC، OGP، OCIMF، ISO، IADC، API و NORSOK در فعالیت‌های نفت و گاز در آبهای عمیق بیش‌تر مورد استفاده بوده‌اند. استانداردهای ایمنی حفاری و تکمیل چاه در آبهای عمیق معمولاً سخت‌گیرانه است.

استانداردهای پرکاربرد در زمینه ی اصول ایمنی فعالیت های نفت و گاز در آبهای عمیق شامل موارد زیر است:

- * (API RP-75) توسعه یک برنامه مدیریت ایمنی و زیست محیطی برای تجهیزات و عملیاتهای فراساحل. این استاندارد توجه خاصی به مدیریت تغییر فرآیندها داشته است.
- * (API Std 53) سیستم های تجهیزات جلوگیری از فوران برای چاههای در حال حفاری
- * (API Std 65) پتانسیل های ایزوله کردن نواحی جریان در حین ساخت چاه
- * (API RP Bulletin 96) طراحی و ساخت جداری چاه در آبهای عمیق
- * (NORSOK S-001) ایمنی فنی
- * (NORSOK Z-013) ارزیابی ریسک و شرایط اضطراری
- * (NORSOK D-010) مدیریت یکپارچه چاه در حفاری و عملیاتها
- * (ISO 13702) کنترل و کاهش آتش سوزی و انفجار در تأسیسات تولیدی در فراساحل
- * (ISO 16530) مدیریت یکپارچه چاه

بخش پنجم: اصول ایمنی تکمیل چاههای حفاری

تمامی چاههای حفاری شده برای تولیدی شدن نیاز به عملیات تکمیلی دارند. نوع این عملیات بستگی به موقعیت چاه، نوع مخزن، لایه تولیدی، شرایط دما و فشار دارد.

قبل از شروع عملیات حفاری چاه های نفت و گاز در آبهای عمیق برنامه های طراحی، حفاری و تکمیل چاه چندین بار مرور می شوند و کارشناسان و پیمانکاران حفاری با برنامه ها آشنایی کامل پیدا می کنند. مستندات فنی و دستورالعمل ها باید توسط افراد پیمانکار و بهره برداران تأیید شود. پس از اتمام عملیات حفاری و تکمیل چاه و قبل از شروع تولید از چاه باید رعایت استانداردهای لازم مجدداً بررسی گردد.

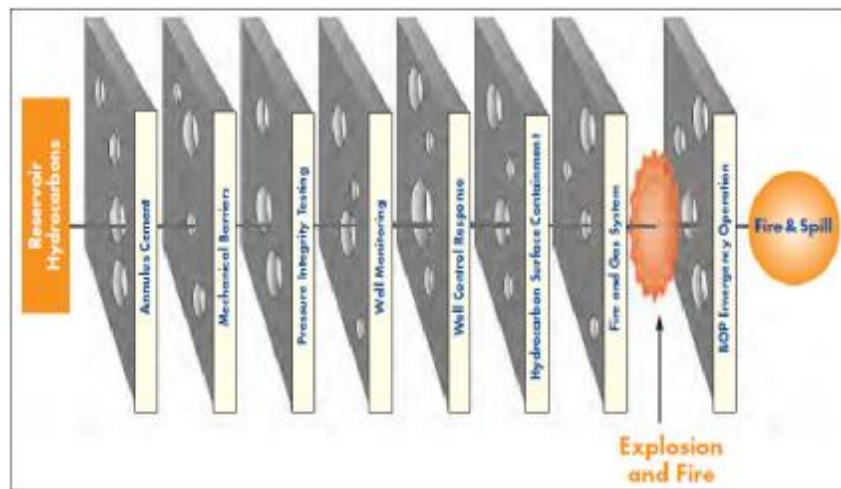
استانداردهای تکمیل چاه شامل دو لایه ی ایمنی در برابر فوران است. این موانع شامل سیالاتی سنگین که با فشار زیاد در چاه تزریق خواهند شد و موانعی مکانیکی مانند پلا گهای سیمانی است. اگر به هر دلیلی چاه از کنترل خارج شود ابزارهای مکانیکی به نام فوران گیر (Blowout Preventer) (BOP) به سرعت چاه را خواهد بست. انجام آزمایش های برشی برای فوران گیرها اهمیت زیادی دارد. تمامی عملیات های اولیه و ثانویه فوران گیرها در سطح زمین قبل از اینکه در آب مستقر گردند آزمایش می شوند.



ربات زیردریایی (Remote Operated Vehicles)(ROV) به عنوان چشم گروه حفاری محسوب شده و بسیاری از کارها توسط این ربات زیردریایی انجام می‌شود. ROV، BOP و رایزرها از دیگر وجوه تمایز کار در آبهای عمیق نسبت به آب کم عمق می باشند.

اگر در مواقعی فوران گیر نتواند به طور کامل جریان چاه را مهار کند دکل از چاه جدا شده و سیستم سرپوش گذاری (Capping) مستقر می گردد. درحال حاضر سیستم سرپوش گذاری سریع برای

آبهای عمیق فراهم نیست که این به دلایل شرایط بد آب و هوایی و امواج سنگین آب است. تیم سرپوش گذاری و مهار چاه معمولاً شامل دوازده نفر کارشناس زبده و آموزش دیده در این زمینه است. وقتی پتانسیل تماس هیدروکربن با لوله جداری وجود دارد معمولاً طراحی چاه به گونه ای است که نگهدارنده های لوله جداری به شیرهای سرچاهی قفل شوند. در این حالت اولین نگهدارنده لوله جداری، تحمل کننده بیشترین نیرو از طرف چاه خواهد بود. طراحی سیستم لوله جداری باید به گونه ای باشد که در صورت فوران اجازه اتصال هرگونه سیستم سرپوشگذاری را روی چاه و عملیات های مربوط به آن بدهد. معمولاً از لوله های جداری 30 یا 36 اینچ برای چاه های آبهای عمیق استفاده می شود تا استحکام لازم را برای کنترل های فوران داشته باشند. شکل 6، انواع موانع و کنترل های در مسیر سیال تا رسیدن به سطح را نشان می دهد.



شکل 6 | انواع موانع و کنترل ها در مسیر سیال تا رسیدن به سطح

معمولاً نیاز است عملیات آزمایش قطع جریان چاه هنگام راه اندازی دکل و پس از آن هر پنج سال یکبار همزمان با انجام تغییرات اساسی در سیستم هیدرولیکی انجام شود. نصب جداکننده های گاز گل حفاری برای جدا کردن گاز از گل حفاری و دور کردن گاز از دکل ضروری است.

معماری چاه، شکل و نوع کفشکها، ارتقاء کارایی و قابلیت اطمینان فوران گیرها، روش های تأیید موانع فوران، تعداد موانع مورد نیاز جهت جلوگیری از فوران، نوع، کیفیت و مقدار سیمان مورد نیاز، ارتقاء فن آوری نمودارگیری سیمان و حداقل ارتفاع ستون سیمان بالای هیدروکربن، از موارد ایمنی چاه های نفت و گاز در آبهای عمیق است .

بخش ششم: آموزش نیروی انسانی

در فعالیت های نفت و گاز عامل فن آوری و عوامل انسانی مهم هستند. در این فعالیت ها باید تمامی افراد مورد نیاز با تخصصهای لازم به کار گرفته شوند. افرادی که در چاه های نفت و گاز در آبهای عمیق فعالیت می کنند باید آنقدر ماهر و آموزش دیده باشند که ریسکها را شناسایی کرده و در کمترین زمان ممکن عکس العمل نشان دهند. در برنامه ریزیها باید مهارت افراد در خصوص مسئولیت واگذار شده به آنها تأیید شود.

بهره برداران و پیمانکاران آموزش دیده باید بدون اینکه برایشان مشکل قانونی ایجاد شود بتوانند به صورت مستقل در هر زمان که نیاز باشد عملیات را متوقف کنند.

استراتژی ایمنی کار در آبهای عمیق شامل برنامه آموزشی گسترده ایمنی است. کارشناسان فعال در آبهای عمیق باید دوره های آموزشی ایمنی لازم را که حتی برخی اوقات تا چهار سال طول می کشد طی کنند. شبیه سازی شرایط خاص کار در آبهای عمیق به کارشناسان کمک می کند تا مدیریت کنترل حوادث را بیاموزند .

بخش هفت: پایش و ممیزی

سنسورهای پیشرفته پایش لحظه ای عملیات حفاری، مهندسان را قادر می سازد در مقابل هر اتفاق غیرمنتظره ای سریعاً عکس العمل نشان دهند. این حسگرها هرگونه اطلاعاتی از قبیل دما، فشار را به مرکز عملیات مخابره می کنند و مهندسان با استفاده از این اطلاعات، پتانسیل های ریسک را شناسایی و پیشگیری خواهند کرد. اگر مورد غیرمنتظره ای مانند مواجهه با یک لایه گازی پرفشار رخ دهد به سرعت کار متوقف می شود و تنها در صورتی که اطمینان کامل از لحاظ ایمنی حاصل گردد کار ادامه می یابد.

انجام ممیزی های هدفمند و منظم از فعالیت های بهره برداران و پیمانکاران ضروری است؛ به خصوص اگر این ممیزیها به صورت مستقل و توسط شخص ثالث انجام گیرد. گاهی اوقات این ممیزی ها در مراحل طراحی و ساخت، جهت اطمینان از رعایت دستورالعمل ها و به صورت روزانه انجام می شود. در مراحل برنامه ریزی جهت طراحی، ساخت و عملیات، ارائه یک برنامه ی زمان بندی ممیزی ضروری است.

بخش هشتم: همکاری در زمینه ی ایمنی حفاری در آبهای عمیق

معمولاً شرکت های نفت و گاز سعی می کنند تجارب خود در زمینه ی فعالیت های آبهای عمیق را در اختیار یکدیگر قرار داده، حوادث را بررسی و نتایج آن را منتشر کنند. پس از حادثه ی چاه مکاندو در خلیج مکزیک در سال 2010، تعداد 9 شرکت بزرگ، ائتلافی تشکیل دادند که شل به عنوان شرکت عامل، سیستمهای سرپوش گذاری در آبهای عمیق با عمق بیش از 3000 متر را برای نفت و گاز

طراحی کرد. این ائتلاف تلاش می کند ایمنی حفاری چاه های نفت و گاز در آبهای عمیق را افزایش داده و آسیب های زیست محیطی در حوادث گسترده را به حداقل برساند .

شرکت شل همچنین با شرکتهای فعال در خلیج مکزیک، انجمنی را برای کنترل چاههای دریایی با اعتباری بالغ بر یک میلیارد دلار تشکیل داده است. تعداد 9 شرکت فعال در این انجمن، در زمینه سرپوش گذاری و کنترل چاه های نفت و گاز در آبهای عمیق فعالیت می کنند.

در سال 2012 شرکت کنترل چاههای دریایی (MWCC) (Marine Well Containment Company) موفق شد سیستمی سرپوشی به طول 7 متر را تا عمق 2000 متری فرود آورد و توانمندی خود را در این زمینه به نمایش بگذارد (شکل 7).



شکل ۷ | موفقیت شرکت شل برای انتقال یک سیستم درپوش به طول ۷ متر، تا عمق ۲۰۰۰ متری

بخش نهم: نتیجه گیری

در حال حاضر شناخت کامل مخازن نفت و گاز، طراحی سیستم تولید، فن آوری تکمیل چاه و پیش بینی شرایط آب و هوایی از چالش های مهم پیش روی فعالیت های نفت و گاز در آبهای عمیق است. از سال 2010 به بعد توجه به مسائل ایمنی و مدیریت ریسک با شتاب بیشتری روبه افزایش است.

تدوین استانداردها و دستورالعمل های مورد نیاز فعالیتهای نفت و گاز در آبهای عمیق از اهمیت فراوانی برخوردار است. طراحی، ساخت و عملیات چاهها و سیستم های تولیدی نفت و گاز در آبهای عمیق باید بر اساس استانداردها و در سطوح بالای ایمنی و اطمینان پذیری انجام شوند.

توجه به بحث آموزش نیروی انسانی، انجام پایشها و ممیزی های منظم و به کارگیری تجارب شرکتهای فعال دنیا در زمینه ی فعالیت های نفت و گاز در آبهای عمیق قطعا در کاهش حوادث و موفقیت در انجام تولید ایمن نفت و گاز نقش مؤثری ایفا خواهند کرد.

منابع:

- [1] Deepwater Wells, International Association of Oil and Gas Producers, Report No. 463, 2011
- [2] Working Document of the NPC Global Oil & Gas Study, Topic Paper #20, Deepwater, 2007
- [3] Alberto Serna Martin, Deeper and Colder, the Impacts and Risks of Deepwater And Arctic Hydrocarbon Development, 2012
- [4] Law, Policy, and Economics of Firm Organization and Safety, 2011
- [5] Mark A. Cohen, Madeline Gottlieb, Joshua Linn, and Nathan Richardson, Deepwater Drilling: 2013
- [6] [Http://www.worldoil.com](http://www.worldoil.com)
- [7] [Http://www.shell.com](http://www.shell.com)