

ĐỔI MỚI CÔNG NGHỆ TRONG LĨNH VỰC ĐỊA CHẤT - ĐỊA VẬT LÝ, KHOAN KHAI THÁC

Trần Ngọc Toàn

Hội Địa vật lý Việt Nam

Tóm tắt

Công tác tìm kiếm thăm dò khai thác dầu khí trong nước gặp nhiều khó khăn do các mỏ dầu khí chủ lực suy giảm sản lượng sau thời gian dài khai thác, tiềm năng dầu khí chưa phát hiện chủ yếu tập trung chủ yếu ở khu vực nước sâu, xa bờ, cần công nghệ khoan nước sâu, đầu tư lớn, rủi ro cao...

Bài viết tổng hợp, phân tích và đánh giá một số nghiên cứu trên thế giới được tiến hành trong lĩnh vực thượng nguồn, từ đó đề xuất các giải pháp để định hướng tìm kiếm, thăm dò dầu khí trong nước hiệu quả hơn, đặc biệt là các mỏ phi cấu tạo và phi truyền thống thuộc các địa tầng, các khu vực trước đây chưa được chú trọng.

Từ khóa: Địa chất, địa vật lý, công nghệ, dầu khí.

1. Lĩnh vực địa chất - địa vật lý

Trong lĩnh vực địa chất, việc ứng dụng các thành tựu toán, lý, hóa và tin học trong phân tích mẫu, phân tích dữ liệu, nhận dạng, phân loại, mô hình hóa... giúp giải quyết các vấn đề cấu trúc kiến tạo, thạch học, trầm tích, cổ sinh, địa tầng, địa hóa theo quan điểm lý thuyết tập mờ. Trong đó, các thuộc tính thể hiện dưới dạng tiềm ẩn và phức hợp đã ngày càng trở thành xu hướng phổ biến, thay thế cho phương pháp tư duy dựa trên quan sát trực tiếp.

Để nghiên cứu cơ chế và sự hình thành các trầm tích, cơ chế trầm đọng và lịch sử biến đổi, chuyển hóa quá trình trầm tích phải đặt trong khuôn khổ của lý thuyết kiến tạo mảng, cơ học thạch quyển, địa nhiệt, lưu biến học (Rheology) và tiến bộ khoa học ứng dụng. Để đánh giá tiềm năng dầu khí, các tiến bộ khoa học công nghệ tập trung đánh giá định hướng tiềm năng chưa phát hiện. Ngoài công nghệ nhận dạng, ước định số lượng, kích thước bể/tầng chứa, lượng dầu khí sản sinh từ đá mẹ và di cư, tích tụ trong phạm trù lý thuyết xác suất, cần ứng dụng lý thuyết rủi ro để đánh giá tổng hợp kết quả nghiên cứu. Đối với các tiềm năng đã được phát hiện, phương pháp đánh giá trữ lượng hydrocarbon đang phát triển theo 2 hướng là nâng cao chất lượng xác định các tham số vỉa chứa, quy luật biến thiên theo không gian - thời gian nhằm dự báo lịch sử phát triển mỏ và xác định vị trí các giếng khoan mới.

Những năm gần đây, việc đánh giá trữ lượng phát triển dựa trên công nghệ mô phỏng toán học để thay

thế hoặc bổ sung các phương pháp cổ điển như đánh giá theo đường cong giảm áp (theo thời gian khai thác), theo các phương pháp thể tích hoặc cân bằng vật chất. Mô phỏng toán học ngày càng phức tạp vì được tiến hành theo chế độ dòng đa pha, không gian 4 chiều, môi trường có độ rỗng đơn hoặc kép, trong chế độ cân bằng hoặc không cân bằng thủy động lực. Lý do để chọn mô hình đa thành phần là trong số các tham số mô phỏng mỏ thì tính chất đặc trưng của hydrocarbon có thể biết tương đối chính xác nhưng các tham số đặc trưng của đá, các điều kiện biên thì không biết rõ nên có sai số. Ngoài ra trong tự nhiên, các mỏ thường không thỏa mãn các điều kiện lý thuyết, hydrocarbon không phải lúc nào và ở đâu cũng ở trạng thái 2 pha (lỏng, khí) tách biệt. Do đó, mô hình đa thành phần giúp giảm ảnh hưởng các sai số đối với kết quả tính toán trữ lượng, cải thiện chất lượng các kết luận thu được so với các mô phỏng đơn giản hoặc các phương pháp cổ điển.

Tiến bộ khoa học kỹ thuật tập trung vào các mô hình toán học vì có ưu thế hơn mô hình vật lý (thực nghiệm trong phòng thí nghiệm hoặc ngoài hiện trường sản xuất) khi có thể thay đổi các tham số dễ dàng để có nhiều đáp án, đồng thời đánh giá được tác động của các tham số khác nhau. Trong mô hình toán học, việc tìm nghiệm của các phương trình vi phân từng phần mô tả trạng thái dòng 1 pha hoặc đa pha trong không gian hữu hạn với các biến tham gia vào phương trình thông thường là tham số không gian, thời gian, vật lý (áp suất, nhiệt độ, độ

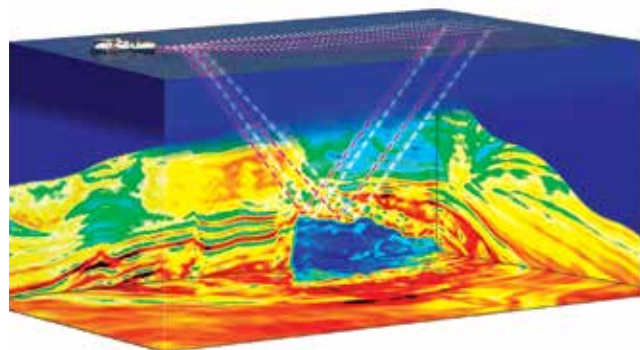
thấm, độ nhớt, độ rỗng...) và lưu lượng. Phương pháp giải thường là phương pháp số theo quy trình lặp (iterative). Tùy theo yêu cầu của nhà quản lý và khả năng nghiên cứu mà các tham số trên có thể chọn như những hàm đơn giản hoặc phức tạp, theo không gian (x, y, z) và thời gian (t) hoặc theo không gian n-chiều.

Với mục đích tối ưu hóa vị trí giếng khoan trong không gian mở đã được xác định, vấn đề đặt ra là lựa chọn vị trí để đặt giếng khai thác tối ưu nhằm đảm bảo lưu lượng khai thác Q(t) gần nhất với sản lượng mà thị trường yêu cầu D(t) với những hạn chế do công nghệ khai thác, điều kiện địa chất, điều kiện thị trường. Đây cũng là bài toán khá phức tạp vì các hàm Q(t), D(t) phụ thuộc vào cấu trúc địa chất, trữ lượng, các tham số vật lý, công nghệ và các yếu tố mờ phi kỹ thuật khác.

Tóm lại, xu hướng phát triển tiến bộ khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực địa chất dầu khí là sử dụng các thành tựu toán, lý, tin học... để rút ngắn thời gian nghiên cứu với mục đích cuối cùng là giảm giá thành khai thác, gia tăng lợi nhuận cho hoạt động sản xuất, kinh doanh dầu khí trong điều kiện ngày càng khó khăn.

Trong lĩnh vực địa vật lý, xu hướng tích hợp các kỹ thuật khác nhau hoặc khai thác phức hợp các tham số khác nhau trong 1 phương pháp đã trở thành chủ đạo trong nghiên cứu và ứng dụng.

Mỗi phương pháp địa vật lý có ưu thế riêng đối với từng vấn đề nghiên cứu, giúp tiệm cận tới thực tế môi trường lòng đất với ít sai lầm nhất. Đối với phương pháp trọng lực và từ trường, độ nhạy của máy thu được nâng cao và việc thu nhận số liệu quan sát liên tục thông qua công nghệ ghi số được dùng trong địa vật lý máy bay và vệ tinh để khảo sát nhanh trên diện rộng, đồng thời được đưa vào lòng giếng khoan để khảo sát các chi tiết bất đồng nhất của môi trường địa chất giữa các giếng khoan của 1



Hình 1. CGG giám sát bể chứa chính xác bằng cách sử dụng địa chấn 4D biến đổi theo thời gian (4D time-lapse) ở các mỏ Ekofisk, Snorre, Grane và Johan Sverdrup ở Biển Bắc, Na Uy [1].

cấu tạo hay 1 vùng mở. Trong bước xử lý số liệu, đáng chú ý nhất là sự phát triển của phương pháp xử lý thống kê ứng dụng trong phân tích phổ nhằm tách trường theo các thành phần tần số khác nhau. Đó là phương pháp phân tích yếu tố nhằm chọn ra các tập hợp của các yếu tố độc lập để giải thích bản chất cấu trúc vành của ma trận chứa thông tin trong đó các yếu tố chéo của ma trận là phương sai của các giá trị đo đạc sơ cấp và các yếu tố còn lại là những hiệp phương sai của chúng. Bằng công cụ này, có thể khai thác thông tin theo từng nhóm nguồn gây dị thường liên quan đến các yếu tố cấu kiến tạo, chế độ trầm tích, hoạt động magma, chế độ phong hóa, nứt nẻ...

Các nghiên cứu hy vọng bằng cách mở rộng dải tần số và đưa kỹ thuật đo vào lòng các giếng khoan hoặc xuống đáy biển, các phương pháp điện từ trường tellua và điện trường nhân tạo nói chung sẽ góp phần giải quyết các vấn đề mà phương pháp địa chấn không giải quyết được như cấu trúc và tính chất môi trường ở các vùng trắng địa chấn (không có sóng), vùng có sóng đa bản chất giao thoa phức tạp (đới đứt gãy và nứt nẻ, hang hốc).

Trong địa vật lý dầu khí, phương pháp địa chấn hiện nay vẫn là chủ đạo với tiến bộ vượt bậc trong kỹ thuật thu nổ, xử lý và minh giải số liệu. Phương pháp địa chấn 3 chiều (3D) đã được ứng dụng công nghiệp đại trà, địa chấn 4D/4C ngày càng phổ biến, đặc biệt ở các khu mỏ trường thành và đang ở giai đoạn cạn kiệt. Công nghệ này không chỉ giới hạn trong việc phục vụ công tác tìm kiếm thăm dò mà còn được sử dụng cho suốt quá trình khai thác, đặc biệt là khai thác tăng cường vì đây là giai đoạn cần có các mô hình chi tiết, chính xác về tình trạng mỏ.

PGS mới đây đã được ExxonMobil trao hợp đồng khảo sát địa chấn 4D ngoài khơi Guyana, sử dụng nền tảng Ramform và công nghệ GeoStreamer đa cảm biến [2].

Trong các tiến bộ kỹ thuật địa chấn, đáng chú ý nhất là địa chấn phức 4C. Sóng địa chấn phát ra từ nguồn đi vào lòng đất có 2 loại là sóng dọc và sóng ngang. Cho đến nay, chương trình thăm dò địa chấn dầu khí dùng trong sản xuất chỉ mới sử dụng sóng dọc (P). Sóng ngang (S) có đặc điểm là tốc độ chậm và không truyền qua chất lỏng, điều này giúp cho chất lượng phân dị các lớp, đặc biệt là các lớp mỏng được nâng cao và giúp phát hiện trực tiếp dầu khí lỏng thông qua so sánh các đặc trưng hấp thụ của 2 sóng P và S, kể cả sóng biến đổi, phái sinh và sóng tán xạ, loại sóng vô cùng cần thiết khi nghiên cứu các khu vực đứt gãy lớn nhỏ, phức tạp. Công nghệ thu phát sóng S rất phức tạp nên việc sử dụng sóng ngang trong sản xuất rất khó khăn, giá thành cao và còn nhiều vấn đề kỹ thuật

đang trong giai đoạn nghiên cứu thử nghiệm. Do đó, nếu nghiên cứu sử dụng kết hợp thành công 2 loại sóng P và S thì các thông tin thu được sẽ có giá trị lớn trong thăm dò và khai thác dầu khí.

Trong thăm dò địa chấn biển, việc phát thu sóng thường được tiến hành trên mặt nước, do đó thành phần sóng phản xạ S không thu được. Để thu sóng S, thiết bị thu sóng phải đặt ở đáy biển bằng 1 tàu riêng để lắp đặt vận hành hệ thống cáp thu dài gần hàng trăm máy thu loại địa chấn ký (geophone) và thủy chấn ký (hydrophone) dưới dạng bàn cờ. Hệ thống cáp được nối với tàu thu sóng bằng một dây cáp đơn để chuyển tín hiệu thu về máy ghi sóng.

Khi hệ thống cáp thu được đặt xong thì 1 tàu chạy đi chạy lại nhiều lần dọc theo cáp thu để phát sóng âm bằng các súng bắn hơi để sóng truyền vào lòng đất. Sóng P phản xạ được các máy thủy chấn ký thu còn sóng S thì được các máy địa chấn ký thu.

Việc lắp đặt hệ thống cáp thu dưới đáy biển là thách thức lớn ở các vùng nước sâu trên 30 m, địa hình đáy biển mấp mô, do đó chi phí cao. Một trong các giải pháp được đề xuất có chi phí thấp hơn là đặt vào đáy biển hàng trăm máy thu nhỏ hoạt động độc lập để thu tín hiệu địa chấn từ 1 địa điểm trong một thời gian dài. Các máy thu loại này gọi là Micro Diver (OBN Ocean Bottom Nodes), được điều khiển nổi lên mặt nước và chuyển giao số liệu ghi được cho tàu địa chấn sau đó lại chuyển sang địa điểm mới.

Một giải pháp khác là đặt cố định các địa chấn ký làm bằng sợi quang học vào đáy giếng khoan để thu liên tục số liệu 4C. Bằng cách này, chất lượng sóng thu được còn tốt hơn là đặt địa chấn ký ở đáy biển (2 phương pháp này không tương quan số lượng giếng khoan hạn chế hoặc không có).

Thăm dò địa chấn biển ngày càng tập trung vào khu vực nước sâu (> 1.000 m nước). Để nâng cao độ phân giải và tìm kiếm trực tiếp hydrocarbon trong tầng chứa, việc sử dụng sóng ngang S ngày càng được quan tâm. Hệ thống địa chấn đáy biển tự chìm nổi (SLA-OBS - self landing and ascending ocean bottom seismic systems) được sử dụng để loại bỏ các nhược điểm của hệ thống thu sóng bằng dây cáp ngầm (OBC - ocean bottom cables) như: khó tiếp xúc với đáy biển gồ ghề, tín hiệu thu bị méo do tác động của các dòng hải lưu và sóng, quan hệ trọng lượng/ứng lực của dây cáp truyền tín hiệu trở nên không phù hợp ở vùng nước sâu trên 1.500 m... Về bản chất, SLA-OBS là 1 trạm địa chấn biển tự quản gồm: 1 bộ phao, 1 bộ neo điều khiển bằng âm học, 1 bộ ghi sóng có độ chính xác cao, 1 thủy chấn ký, 1 bộ cảm biến (sensor), 1 địa chấn ký 3 thành

phần (3C) và 1 bộ nguồn điện acquy đặt gọn trong 1 thiết bị chứa hình ống. Những cải tiến mới nhất đối với thiết bị vi điện tử năng lượng thấp dùng cho bộ thu và chứa số liệu cũng như công nghệ dao động tinh thể (crystal oscillator technology) cho phép các nhà chế tạo tạo ra các máy tự ghi số liệu (data loggers) cho hệ thống ghi 4 kênh liên tục (1 thành phần dịch chuyển thẳng đứng, 2 thành phần dịch chuyển nằm ngang của sóng S và biến thiên áp suất trong nước của sóng P), có thể dùng hơn 12 tháng với 1 bộ nguồn nhẹ, chỉ vài kg.

Hệ thống SLA-OBS hoạt động tự động, không cần dây cáp nối với tàu địa chấn. Để sử dụng cần dùng 1 cần cẩu thả trạm xuống đáy biển nhờ bộ neo nặng, có thể hoạt động ở độ sâu nước biển tới 6.100 m (20.000 ft). Sau khi tiếp đất, trạm được đưa vào chế độ làm việc đồng thời với quá trình phát sóng tới. Việc đánh dấu thời gian được thực hiện nhờ 1 đồng hồ tự bù nhiệt độ. Khi quá trình thu phát sóng kết thúc thì bộ neo được tháo ra bằng 1 bộ ngắt điều khiển âm học và do có phao, trạm SLA-OBS sẽ tự nổi lên mặt nước để chuyển số liệu ghi được về trung tâm xử lý qua hệ thống vệ tinh. Phương pháp này có khả năng chọn lựa cấu hình hệ thống thu phát sóng bất kỳ, khoảng cách giữa các máy thu được chọn phụ thuộc vào mục đích, yêu cầu thu sóng và địa hình đáy biển. Do chỉ dùng 1 tàu địa chấn, vừa là tàu phát sóng, vừa là tàu chở, đặt thiết bị xuống đáy biển và thu hồi trạm SLA-OBS nên giá thành giảm đáng kể so với hệ thu dùng dây cáp.

Trong công nghệ xử lý, xu hướng mới hiện nay là khai thác thông tin tầng chứa từ biên độ sóng phức thông qua phân tách phổ (spectral decomposition) nhằm tạo ra hình ảnh địa chấn không gian phân giải cao đối với các vùng có tiềm năng dầu khí, dạng bẫy cấu kiến tạo hoặc địa tầng hoặc chỉ cho 1 tầng chứa cụ thể. Những hình ảnh này được tạo ra từ các biên độ (amplitude response), tham số/thuộc tính địa chấn cho thấy các ranh giới địa chấn, độ bất đồng nhất và bề dày tầng chứa với độ phân giải rất cao, tốt hơn so với các tham số truyền thống khác. Kỹ thuật phân tách phổ khai thác hiện tượng điều hướng (tuning) để tạo ra và lập bản đồ biên độ cho 1 dải tần số riêng lẻ hoặc cho các bước sóng rời rạc khác nhau để phân biệt các đặc điểm địa chất của đối tượng nghiên cứu thể hiện đồng thời hoặc chỉ thể hiện trong một số điều kiện vật lý hạn hẹp. Mỗi bản đồ biên độ làm nổi bật 1 biên độ cao nhất ứng với từng độ dày của các lớp khác nhau trong tầng chứa. Bằng cách kết hợp có chọn lọc các hình ảnh từ 1 số tần số tối ưu sẽ thu được thông tin trực tiếp của các bất đồng nhất trong tầng chứa, tức là có thể nhận diện các đặc trưng tầng chứa tốt hơn, chọn vị trí giếng khoan tối ưu hơn, đặc biệt là cho các tầng

chứa gồm nhiều lớp mỏng hoặc có cấu trúc phức tạp. Công nghệ trên còn giúp cho các nhà địa chất - địa vật lý minh giải tài liệu địa chấn trong chế độ động (dynamic), tức là xem xét nhiều hình ảnh kế tiếp nhau theo các phương và các đặc trưng vật lý khác nhau để phát hiện những biến đổi nhỏ, rất khó nhận ra khi minh giải trong chế độ tĩnh (static).

Xu hướng chủ đạo trong phát triển kỹ thuật tiến bộ địa vật lý vẫn là phương pháp phân tích yếu tố, thể hiện đa dạng, kết hợp với phương pháp tích hợp nhiều loại tham số, nhiều dạng trường địa vật lý để có cách nhìn toàn diện đối với các đối tượng nghiên cứu ngày càng phức tạp.

Các tiến bộ kỹ thuật trên kéo theo chi phí cho địa vật lý tăng cao, song hiệu quả kinh tế đem lại sẽ khẳng định việc sử dụng chúng là cần thiết khi trữ lượng dầu khí được phát hiện ngày càng chính xác, giảm thiểu chi phí thăm dò (giảm thiểu các giếng khô) cũng như các chi phí phát triển, khai thác mỏ.

Tiến bộ khoa học kỹ thuật không những thể hiện ở các khâu riêng lẻ mà còn đưa ra quy trình tích hợp hợp lý các bước nghiên cứu, sử dụng kết quả trung gian, nâng cao chất lượng kết quả trung gian thông qua phương thức nghiên cứu lặp và loại trừ các kết quả không phù hợp, nhằm khép kín chu trình trong hệ thống tối ưu về phương diện công nghệ lẫn kinh tế.

Quy trình nghiên cứu tích hợp địa chất - địa vật lý được xem là tiến bộ hiện nay gồm 8 bước, tự động thực hiện theo phương thức tuần tự (bước sau tiếp bước trước) đồng thời với phương thức lặp (bước trước lại tiếp bước sau) căn cứ vào kết quả 1 phép thử logic. Nói cách khác, nếu kết quả bước sau không đạt yêu cầu thì ngay lập tức việc nghiên cứu ở bước trước được tái thực hiện theo điều kiện mới, giúp ngăn chặn các sai lầm từ bước trước chuyển sang bước sau. Tổng quát, 8 bước trên được thể hiện trong Hình 2:

- Bước 1: Tập hợp, thống kê, phân loại, đánh giá chất lượng dữ liệu và thống nhất quy chế, tiêu chuẩn kỹ thuật trong cả quá trình nghiên cứu để án.

- Bước 2: Nghiên cứu chuẩn bị các kết quả, các tham số trung gian làm số liệu đầu vào cho các bước sau. Khái niệm nghiên cứu chuẩn bị khác với nghiên cứu thô là yêu cầu chất lượng cao của số liệu trung gian ngay từ đầu. Công việc của bước này gồm: Liên kết các phân vị địa tầng, phục hồi các tầng bị bào mòn, các đứt gãy bị phá hủy không còn thể hiện trên băng địa chấn, phân chia thạch học, chỉnh lý các

tham số vật lý đá, chuẩn hóa dữ liệu, xác định các thuộc tính địa vật lý chuẩn, hiển thị 3D theo từng thuộc tính...

- Bước 3: Kết hợp dữ liệu địa chất - địa vật lý nhằm xây dựng khung cấu trúc (structural frame), bao gồm minh giải địa chấn cấu trúc khu vực và địa phương, lập băng địa chấn tổng hợp, xây dựng mô hình cấu kiến tạo.

- Bước 4: Minh giải tương và thạch học, xác định khung địa tầng (stratigraphic frame), lập các lát cắt địa vật lý - địa chất tổng hợp khu vực.

- Bước 5: Phân tích và liên kết các thuộc tính địa vật lý/ địa chấn, xây dựng các lát cắt địa chất - địa vật lý chi tiết, địa phương.

- Bước 6: Xây dựng mô hình tầng chứa 3D, xác định cấu kiến tạo triển vọng, các play đối tượng phát triển mỏ, kiểm tra chỉnh lý và đề xuất mô hình được lựa chọn chính thức.

- Bước 7: Áp dụng công nghệ mô phỏng, xác định các đặc trưng giếng khai thác, giếng bơm ép..., dự báo phản ứng trong các giếng trong quá trình khai thác, dự báo kế hoạch khai thác, chương trình điều chỉnh các thông số tầng chứa, phục vụ mục tiêu khai thác theo kế hoạch, phân tích kết quả mô phỏng, hiển thị 3D kết quả mô phỏng nhằm xác định quy luật dịch chuyển chất lưu, quy luật biến thiên các tính chất tầng chứa theo thời gian...

- Bước 8: So sánh đối chiếu các kết quả nghiên cứu với



Hình 2. Quy trình nghiên cứu tích hợp địa chất - địa vật lý.

kết quả thực tiễn (thử nghiệm hoặc sản xuất), điều chỉnh, cải tiến nội dung nghiên cứu phục vụ các giai đoạn và các tình huống khai thác cho đến hết đời mỏ.

2. Lĩnh vực khoan, khai thác

Những tiến bộ khoa học kỹ thuật trong công tác khoan gồm sử dụng vật liệu mới, thiết bị và công nghệ tiên tiến, chế biến các loại dung dịch khoan và phụ gia thích hợp cũng như tự động hóa hệ thống điều hành khoan. Các công nghệ mới như khoan giếng thân nhỏ, chế độ khoan dưới áp suất cân bằng (áp suất trong lòng giếng giữ nhỏ hơn áp suất vỉa) và các kỹ thuật tiến bộ sử dụng trong khoan ở khu vực nước sâu...

2.1. Thiết kế giếng

Thiết kế giếng khoan phụ thuộc vào nhiều yếu tố ứng với điều kiện địa chất, địa lý, kinh tế, kỹ thuật, quản lý tại địa điểm và thời điểm cụ thể. Một trong số các thiết kế giếng được xem là tiêu biểu trong thời gian gần đây là trường hợp thiết kế giếng khoan sâu Bighorn (BH) 5-6 của Burlington Resources ở bể Wind River (Wyoming, Mỹ) với độ sâu gần 7.500 m (24.938 ft), đối tượng sản phẩm là loại khí chua, 68% CH₄, 12% H₂S và 20% CO₂. Nhóm thiết kế nghiên cứu, phân tích chi tiết các giếng khoan đã tiến hành, tìm ra các nhân tố chi phối thời gian khoan để đặt ra yêu cầu đối với thiết kế mới. Các nhân tố này gồm:

- Đường kính giếng khoan lớn.
- Tốc độ cắt đá (tốc độ khoan) từ độ sâu 3.000 m trở xuống chậm.
- Hiện tượng mất dung dịch, xử lý, kiểm tra giếng ở các đoạn nhiều nứt nẻ.
- Khó khăn trong vận hành lắp ống chống lửng (ống lót).
- Thời gian ngừng khoan để trám xi măng hoặc để giải quyết các vấn đề khác.

Từ kết quả phân tích tác động của các yếu tố trên, các đối sách chính trong thiết kế giếng mới gồm:

+ Khoan giếng rộng tối đa có thể khi qua vùng có áp suất cao để tạo khoảng không vành xuyên giữa thành giếng và ống chống đủ rộng, tạo thuận lợi cho việc trám xi măng đoạn ống chống lửng, triệt tiêu khả năng phun khí trong quá trình khoan. Ở những đoạn khác, việc giảm đường kính giếng để giảm thể tích giếng, giảm khối lượng sắt thép, giảm khối lượng mùn khoan ngấm dung dịch gốc dầu, tăng tốc độ khoan.

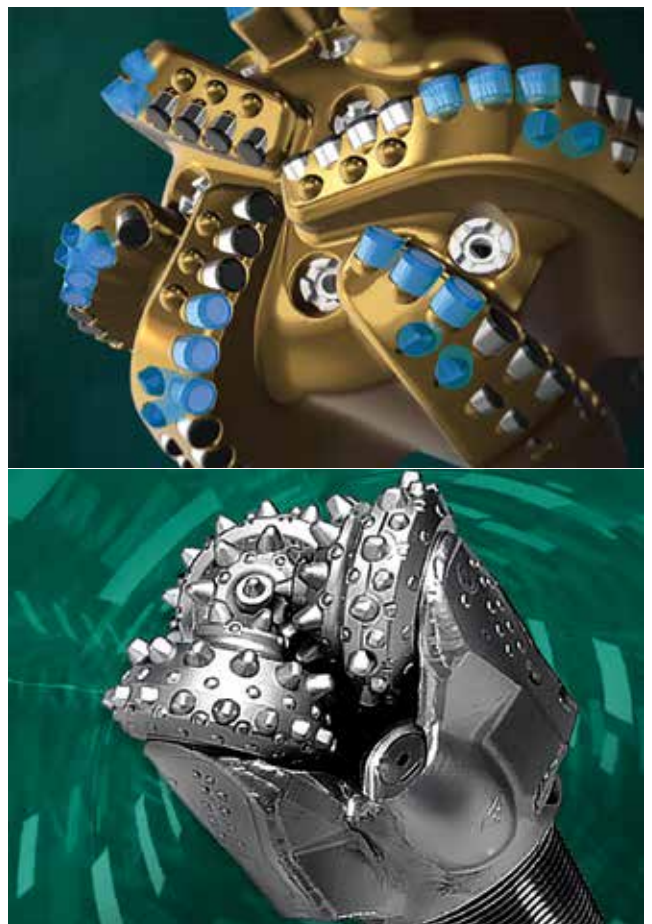
+ Dùng các chòong khoan kích thước chuẩn để tránh gia công mất thời gian, sử dụng chòong gắn kim cương trong các đoạn đường kính giếng nhỏ để tăng tốc độ khoan, giảm thời gian thay chòong. Sử dụng vật liệu hợp kim chống ăn mòn để hạn chế tác động có hại của khí chua và nhiệt độ cao.

+ Lựa chọn kích thước tối ưu cho ống chống định hướng, ống chống trên mặt, ống chống trung gian, ống chống lửng (lót), ống chống khai thác, kích thước và loại chòong; sử dụng loại dung dịch khoan gốc dầu khi khoan qua các vùng sét nhạy cảm với nước để giữ ổn định giếng khoan.

+ Loại bỏ ống chống lửng nơi nào có thể và thay thế bằng ống chống thông thường.

+ Dùng rộng rãi động cơ đáy (động cơ turbine lắp trên mũi khoan, truyền động bởi dung dịch tuần hoàn được bơm qua cần khoan) giúp tăng tốc độ khoan.

+ Cơ giới hóa việc lắp ghép cần khoan, dùng công nghệ điều khiển từ xa thay cho lắp ghép thủ công.



Hình 3. Chòong khoan Dynamus™ và GX™ của Baker Hughes có độ bền cao, giúp giảm chi phí và rủi ro khi khoan [3].

+ Áp dụng phương pháp tuần hoàn ngược trong quá trình bơm trám xi măng.

Với các biện pháp cải tiến trên đây, việc thiết kế giếng đã đem lại hiệu quả cao, rút ngắn 1/3 thời gian khoan giếng so với giếng tương tự đã khoan ở đây và tiết kiệm đến 10 triệu USD chi phí khoan so với giếng trước đó [4].

2.2. Sử dụng bộ tách nhiều nhánh trong các giếng khoan

Để tăng hệ số thu hồi dầu khí, bộ tách nhiều nhánh được sử dụng trong giếng khai thác đồng thời nhiều tầng sản phẩm và đặc biệt là trong các giếng khoan ngang.

Bộ tách được giới thiệu mới nhất của Baker Hughes là 1 trong 4 hệ thống nhiều nhánh bậc 6 (level 6 multilateral systems) kết hợp với sáng chế của Marathon Oil Corp. Bộ tách sử dụng công nghệ Mara Split (công nghệ tách nhánh của Marathon Oil), được Marathon Oil giao bằng sáng chế cho Baker Hughes.

Hệ thống bậc 6 là những bộ tách nhánh có thể ghép nhóm, bảo đảm tính đồng bộ cơ học lẫn cách ly thủy lực tại điểm nối giữa giếng khoan chính và phần khoan ngang, cho phép thâm nhập hoặc tiếp xúc riêng lẻ với từng nhánh khoan ngang và kiểm tra/điều khiển dòng trong giếng chính hoặc trong phần khoan ngang.

Khi giếng khai thác đã được hoàn thiện chức năng khai thác đồng thời nhiều lớp thì bộ chuyển hướng khoan tạo điều kiện cho nhà sản xuất thâm nhập vào từng tầng chứa riêng biệt và dùng các nút hoặc trám xi măng để điều khiển dòng sản phẩm.

Bộ tách khoan của Baker Hughes khác với hệ nhiều nhánh bậc 6 là đầu vào ống nối có cùng kích thước với đầu ra khỏi ống nối. Các bộ tách có thể ghép nhóm được đặt và hoạt động trong cột ống chống và hệ thống trám xi măng mới được thiết kế để sử dụng cho trường hợp này.

Các giếng ngang có thể được khoan và hoàn thiện với các cột ống chống có kích cỡ khác nhau và 1 bộ chuyển hướng được dùng cho việc khoan ngang hoặc nối trở lại với bất kỳ ống nối nào. Bộ chuyển hướng này cho phép khoan lần lượt từng thân khoan ngang, sau đó giàn khoan có thể được chuyển đi nơi khác và thay bằng giàn khoan có công suất và chi phí cao hơn để bắn vỉa và kích thích giếng bằng phương pháp nút vỉa thủy lực. Bộ chuyển hướng được thu hồi, đưa về mặt đất, bảo dưỡng để dùng lại. Trong lòng giếng, có thể dùng 1 nắp đậy có thể thu hồi được, đưa vào phía trên đáy bộ tách để bịt các thân ngang và lòng thân giếng chính được bắn vỉa, kích thích dòng ở

các đoạn nằm giữa các giếng ngang.

Việc sử dụng bộ tách 3 nhánh dùng trong khoan ngang giúp tiết kiệm thời gian thao tác, điều khiển riêng biệt từng thân khoan ngang cũng như thân chính và kết hợp với nhau để nâng cao hệ số thu hồi sản phẩm trong một tầng chứa có nhiều vỉa chứa [5, 6].

2.3. Công cụ hiển thị 3D giúp tăng cường hiệu suất khoan và khai thác

Trong hoạt động khoan, sự kết hợp giữa kỹ sư địa chất, địa vật lý, khoan, vật lý thạch học cũng như cho các nhà quản lý sử dụng trong văn phòng điều hành và tại khoan trường. Những ưu điểm chính khi sử dụng công cụ hiển thị 3D Drill view.

Phần mềm này được thiết kế cho các kỹ sư địa chất, địa vật lý, khoan, vật lý thạch học cũng như cho các nhà quản lý sử dụng trong văn phòng điều hành và tại khoan trường. Những ưu điểm chính khi sử dụng công cụ hiển thị 3D bao gồm:

- Lập kế hoạch khoan giếng hợp lý theo mô hình lòng đất 3D.
- Cung cấp dữ liệu tổng hợp phục vụ cho sự cộng tác giữa kỹ sư địa chất, địa vật lý, thạch học trong cùng 1 đề án.
- Giúp thiết lập mối quan hệ trực tiếp giữa văn phòng điều hành (thông thường đặt rất xa mỏ) và trường khoan.
- Giúp so sánh trực tiếp giữa kế hoạch khoan giếng với tiến trình giếng khoan thực tế, tổng hợp và phân tích số liệu kịp thời.
- Giúp tiếp cận nhanh các nguồn dữ liệu cập nhật về mô hình tổng hợp của lòng đất và các số liệu khoan.
- Giúp ứng dụng các kiến thức lý thuyết vào hoạt động khoan một cách hiệu quả, nghiên cứu nguyên nhân các sự cố đã xảy ra, chuẩn bị kế hoạch và phương thức đối phó với những sự kiện bất ngờ phù hợp với điều kiện thực tế của lòng đất.

Tại mỗi giàn khoan, các số liệu khoan được thu và lưu giữ tại chỗ đồng thời gửi về văn phòng điều hành và các phòng nghiên cứu qua hệ thống nối mạng máy tính. Để xác định liệu mũi khoan đang xuyên qua lớp cát hay sét, dầu hay nước, các nhà điều hành và các kỹ sư xây dựng các lát cắt vật lý thạch học từ các biểu đồ logs và từ các dữ liệu khoan nhận được. Các lát cắt này được đặt trong lát cắt địa chấn thể hiện bằng hình ảnh 3D qua số liệu biên độ hoặc các thuộc tính khác của sóng địa chấn. Sử dụng hệ thống này, nhà điều hành có thể chuẩn bị hơn 20 kế

hoạch khoan giếng khác nhau trong một ngày, cập nhật số liệu địa chất - địa vật lý (đặc biệt là số liệu log trong khi khoan LWD) 2 phút/lần, chỉ đạo điều chỉnh mũi khoan để đạt được tốc độ tối đa, tối thiểu hóa các chi phí khoan và giúp tăng lưu lượng khai thác.

Khả năng hiển thị thông tin hoạt động khoan trên mô hình địa chấn 3D cùng với các số liệu log, địa chất gần đây mới trở thành phổ biến trong ngành dầu khí. Ứng dụng tiến bộ kỹ thuật này cho phép các đơn vị chuyên môn khác nhau có thể liên kết với nhau, sử dụng số liệu của nhau và cung cấp hình ảnh tổng hợp trong cùng thời gian. Các phòng quản lý dù ở rất xa cũng có thể cập nhật thông tin nhanh chóng để ra các quyết định điều hành chính xác, đúng lúc, hạn chế tối đa rủi ro và lập các kế hoạch đối phó với các sự kiện bất ngờ được dự báo. Đây là ví dụ điển hình trong việc ứng dụng công nghệ thông tin trong hoạt động dầu khí thượng nguồn [7, 8].

Việc phân tích và mô hình hóa các bể chứa chính xác, nhanh chóng giúp tối đa hóa giá trị tài sản. Geosciences Suite® của Lanmark kết hợp công nghệ tiên tiến và quy trình tích hợp chặt chẽ, giúp tăng cường hiểu biết về hoạt động ngầm, giảm bớt rủi ro và sự không chắc chắn; lập kế hoạch, thiết kế và xây dựng các giếng khoan an toàn, tiết kiệm chi phí và hiệu suất cao; tối ưu hóa quá trình khai thác và giải quyết được các thách thức trong tương lai [8].

2.4. Sản xuất dung dịch khoan

Hệ dung dịch khoan đến nay đã được mở rộng, chia thành 9 hệ khác nhau trong đó 6 hệ thuộc dung dịch khoan gốc nước và 3 hệ thuộc dung dịch khoan gốc dầu gồm:

- Hệ dung dịch khoan không phân tán: Bùn rửa (dung dịch khoan gồm vữa quánh của bentonite hoặc attapulgit và vữa vôi để rửa giếng đường kính lớn), bùn tự nhiên, các hệ dung dịch khoan xử lý nhẹ, dùng trong các giếng nông hoặc phần trên của giếng khoan sâu.

- Hệ dung dịch khoan phân tán dùng trong giếng sâu, bùn được phân tán với lignosulfonate, lignite hoặc chất tannin và là những chất khử kết bông và giảm/khử phần lọc, dùng để ức chế không cho phần nước lọc (filtrate) xâm nhập vào vỉa.

- Hệ dung dịch khoan xử lý calcium: Các cation hóa trị 2 như Ca, Mg cho vào dung dịch khoan nước ngọt sẽ ức chế quá trình thành tạo bùn, sét nén trương nở. Calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), gyps và calcium chloride (CaCl_2) là những thành tố chính trong hệ dung dịch này. Hệ gyps thường có độ pH từ 9,5 đến 10,5 và mức dư thừa nồng độ

gyps từ 600 đến 1.200 mg/l Ca. Hệ bùn vôi nhẹ có mức dư thừa nồng độ vôi từ 1 - 2 lb/thùng, pH bằng 11 - 12 và hệ bùn vôi nặng có mức dư thừa nồng độ vôi từ 5 - 15 lb/thùng.

- Hệ dung dịch khoan polymer chứa các polymer trọng lượng phân tử cao, chuỗi dài, dùng bao bọc ngoài các chất rắn khoan thông qua hiện tượng hấp phụ, ngăn ngừa sự phân tán, tăng độ nhớt, giảm mất dung dịch.

- Hệ dung dịch khoan chất rắn thấp gồm các hệ trong đó số lượng và chủng loại vật rắn được kiểm tra, giữ không vượt quá 6 - 10% thể tích. Hệ này thường dùng phụ gia polymer làm chất tăng độ nhớt và được sử dụng để cải thiện tốc độ khoan.

- Hệ dung dịch khoan nước mặn dùng trong khoan các thành tạo muối.

- Hệ dung dịch khoan gốc dầu với bùn khoan như tương ngược (nước trong dầu với nước CaCl_2 là pha phân tán và dầu là pha liên tục) và các loại bùn khoan gốc dầu khác.

- Hệ dung dịch khoan tổng hợp giúp tăng hiệu lực dung dịch gốc dầu nhưng thân thiện với môi trường. Các chất lỏng tổng hợp chủ yếu là ester, ether, polyalpha olefin và alpha olefin đẳng cấu. Đây là một sản phẩm của tiến bộ kỹ thuật rất được quan tâm vì có thể thải xuống biển và phân hủy bằng con đường sinh học.

- Hệ dung dịch khoan không khí, khí mù, bọt và khí gas, dùng chủ yếu để thu hồi chất rắn từ giếng khoan.

Xu hướng phát triển các tiến bộ khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực dung dịch khoan là tạo ra các chất phù hợp nhất với môi trường địa chất, nâng cao hiệu suất công nghệ khoan và thân thiện với môi trường sinh thái.

3. Kết luận

Các dự báo cho thấy trữ lượng dầu hiện nay có thể đáp ứng nhu cầu năng lượng toàn cầu đến năm 2050 và trữ lượng khí đến cuối thế kỷ hoặc kéo dài sang thế kỷ sau. Các công ty dầu khí (như ExxonMobil, BP, Royal Dutch Shell...) đã đầu tư nghiên cứu sản xuất, sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo.

Để đảm bảo nhu cầu khi nguồn năng lượng hóa thạch không phải là vô tận, cần tiếp tục tìm kiếm trữ lượng mới trong điều kiện ngày càng khó khăn như ở các khu vực nước sâu, xa bờ hay các mỏ nhỏ, mỏ biên, mỏ ở độ sâu lớn hơn và có điều kiện địa chất phức tạp hơn. Mặt khác, cần phát triển các công nghệ mới để tận thu những mỏ hiện có, khôi phục các mỏ đã ngừng khai thác, nâng cao hệ số thu hồi, chế biến khí đốt và các loại dầu nặng, dầu chua,

kể cả bitumen rắn thành nhiên liệu phù hợp với các động cơ sử dụng nhiên liệu xăng, dầu, và đáp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường.

Như vậy, về phương diện khoa học địa chất - địa vật lý cần phải điều chỉnh các lý thuyết hiện có, phát triển các lý thuyết mới, đề xuất những tiêu chuẩn mới để định hướng tìm kiếm, thăm dò dầu khí (kể cả hydrate, khí than), nhất là các mỏ phi cấu tạo và phi truyền thống thuộc các địa tầng, các khu vực trước đây chưa được chú trọng. Về công nghệ khoan - khai thác - vận chuyển - tàng trữ, việc tìm kiếm, sử dụng vật liệu mới, công nghệ mới để chế tạo thiết bị, xây dựng các công trình chịu đựng được các điều kiện khí tượng, thủy văn, địa lý, địa chất khó khăn, phức tạp.

Đồng thời, cần đổi mới và phát triển phương pháp nghiên cứu, ứng dụng công nghệ mới trong phân tích, thí nghiệm, xử lý số liệu, mô hình hóa, mô phỏng hóa, đưa địa chất - địa vật lý trở thành khoa học định lượng ở trình độ cao, trong đó tích hợp thành tựu mới nhất của các khoa học công nghệ khác.

Tài liệu tham khảo

[1] CGG, "Time-lapse 4D seismic". [Online]. Available: <https://www.cgg.com/geoscience/subsurface-imaging/time-lapse-4d-seismic>.

[2] PGS, "PGS secures 4D contract offshore Guyana", 28/7/2021. [Online]. Available: <https://www.pgs.com/>

[investor-relations/ir-news-stock-announcements/secures-4d-contract-offshore-guyana/](https://www.pgs.com/investor-relations/ir-news-stock-announcements/secures-4d-contract-offshore-guyana/).

[3] Baker Hughes, "Drill bits: Improve drilling economics with exceptional drill bit solutions". [Online]. Available: <https://www.bakerhughes.com/drilling/drill-bits>.

[4] Robert Soza, "Burlington drills ultradeep Wyoming well". [Online]. Available: <https://www.ogj.com/home/article/17215877/burlington-drills-ultradeep-wyoming-well>.

[5] Schlumberger, "The defining series: Multilateral wells". [Online]. Available: <https://www.slb.com/resource-library/oilfield-review/defining-series/defining-multilateral-wells>.

[6] Cliff Hogg, "Level 6 multilateral numbers increase". [Online]. Available: <https://www.ogj.com/general-interest/companies/article/17234115/special-report-level-6-multilateral-numbers-increase>.

[7] Halliburton, "Landmark graphics releases 3D drill view - Integrating knowledge management with real-time decision making".

[8] Landmark, "A decisionspace® 365 solution: Geosciences suite". [Online]. Available: <https://www.landmark.solutions/geoscience-suite>.

TECHNOLOGY INNOVATION IN THE FIELDS OF GEOLOGY, GEOPHYSICS, DRILLING AND PRODUCTION

Tran Ngoc Toan

Vietnam Association of Geophysicists

Summary

Oil and gas exploration and production in our country have recently faced many difficulties for various reasons: the output of the major oil and gas fields are declining after a long period of exploitation, the undiscovered oil and gas potential is mainly situated in the deep-water, high-risk areas, requiring deep-water drilling technology and big investment, etc.

The article summarises and evaluates a number of recent researches in the world in the fields of geology - geophysics, drilling and production, thereby proposing some solutions for further effective petroleum exploration in Vietnam, especially targeting non-structural and unconventional fields belonging to the stratigraphic formations and areas that have not received much attention so far.

Key words: Geology, geophysics, technology, oil and gas.