

# HOÀN THIỆN CẤU TRÚC CHÒNG KHOAN KIM CƯƠNG ĐA TINH THỂ (PDC) NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ KHI KHOAN QUA TRẦM TÍCH ĐỆ TAM MỎ BẠCH HỔ VÀ MỎ RỒNG, BỂ CỬU LONG

**Đặng Cửa<sup>1</sup>, Bùi Lê Trọng Hóa<sup>2</sup>, Tạ Ngọc Ánh<sup>2</sup>, Tạ Văn Thịnh<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Cường<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Hội Dầu khí Việt Nam (VPA)

<sup>2</sup>Liên doanh Vietsovpetro

Email: hoabt.rd@vietsov.com.vn

<https://doi.org/10.47800/PVSI.2024.03-06>

## Tóm tắt

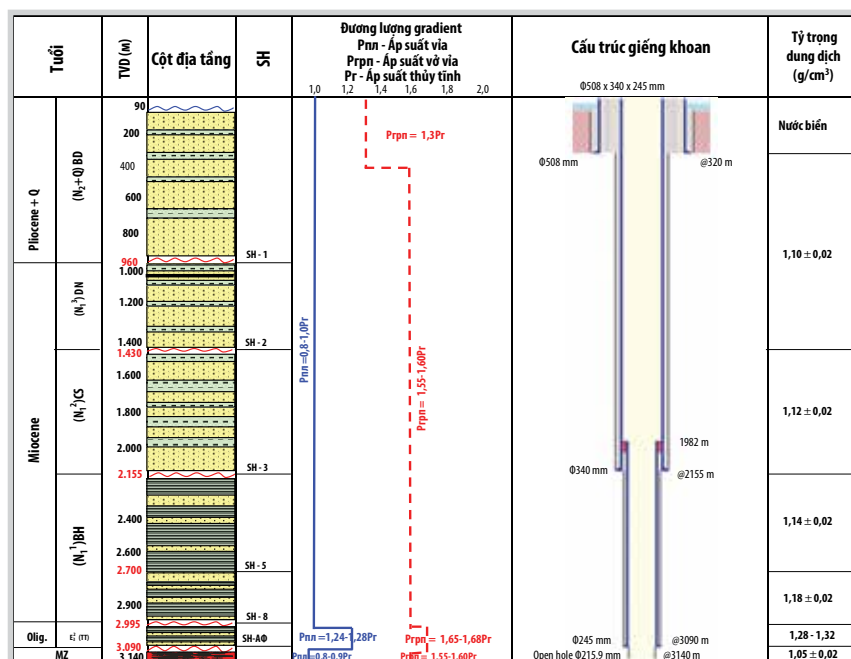
Liên doanh Vietsovpetro sử dụng chông khoan kim cương đa tinh thể (PDC) từ năm 1994. Công tác hoàn thiện cấu trúc chông khoan kim cương đa tinh thể được Vietsovpetro nghiên cứu, thử nghiệm và cải tiến liên tục để nâng cao hiệu suất khoan. Bài báo giới thiệu quá trình nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ khoan sử dụng chông khoan kim cương đa tinh thể, đặc biệt là việc cải tiến cấu trúc chông khoan để nâng cao hiệu suất khi khoan qua trầm tích Đệ Tam mỏ Bạch Hổ, Rồng tại Vietsovpetro.

**Từ khóa:** Chông khoan kim cương đa tinh thể, cấu trúc ống chống, Miocene, Oligocene, mỏ Bạch Hổ, mỏ Rồng.

## 1. Giới thiệu

Năm 1994, chông khoan kim cương đa tinh thể lần đầu tiên được sử dụng tại các giếng khoan của Vietsovpetro [1]. Tính đến nay, loại chông khoan này đã được cải tiến nhiều lần để tối ưu hóa, phù hợp hơn với môi trường trầm tích của khu vực.

Hệ tầng Oligocene tại các khu vực có gradient áp suất dị thường khác nhau, do đó cấu trúc ống chống phù hợp cho từng khu vực. Tại khu vực vòm Trung tâm mỏ Bạch Hổ, hệ tầng Oligocene có bề dày mỏng và gradient áp suất dị thường thấp hơn ở vòm Bắc mỏ Bạch Hổ, do đó cấu trúc ống chống kỹ thuật  $\Phi 245$  mm có thể chống đến nóc móng (Hình 1). Tại vòm Bắc, hệ tầng Oligocene có bề dày lớn và gradient áp suất dị thường cao nên ống chống kỹ thuật  $\Phi 245$  mm thường được chống đến nóc của



Hình 1. Cấu trúc ống chống điển hình của giếng khoan tại khu vực vòm Trung tâm mỏ Bạch Hổ.

địa tầng có dị thường áp suất cao (chủ yếu là nóc của Oligocene) để cách ly và tiếp tục khoan chống ống  $\Phi 194$  mm hay  $\Phi 178$  mm trong điều kiện áp suất cao (Hình 2).

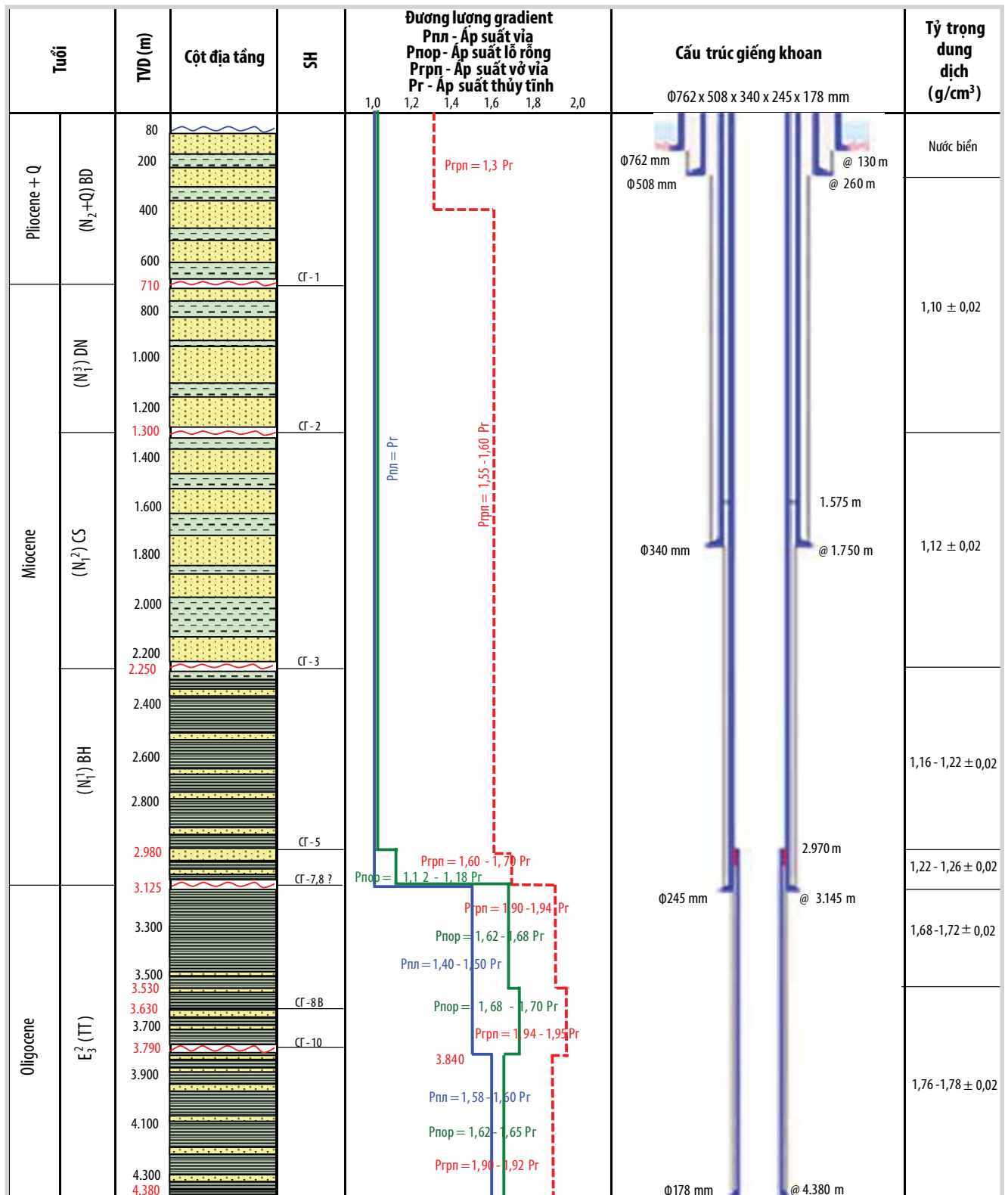
Cấu trúc giếng khoan ban đầu là  $\Phi 720 \times 426 \times 324 \times 245 \times 194 \times 140$  mm theo tiêu chuẩn GOST của Liên bang Nga. Từ tháng 6/1994 đến nay, các giếng đầu tiên ở BK-5 dùng cấu trúc giếng khoan theo tiêu chuẩn API là  $\Phi 762 \times 508 \times 340 \times 245 \times 194$  mm hoặc 178 mm.



Ngày nhận bài: 23/4/2024. Ngày phản biện

đánh giá và sửa chữa: 23/4 - 20/5/2024.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 11/7/2024.



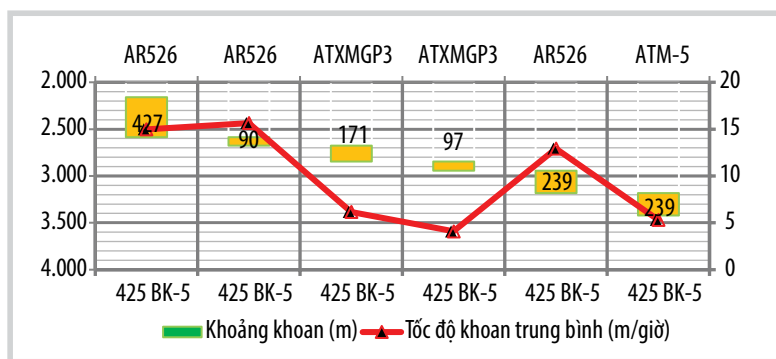
Hình 2. Cấu trúc ống chống điển hình của giếng khoan tại khu vực vòm Bắc mỏ Bạch Hổ.

Ống chống kỹ thuật Φ340 mm được khoan bằng chèo Φ444,5 mm và Φ406,4 mm. Đất đá ở tập này chủ yếu là cát có độ cứng từ rất mềm đến mềm.

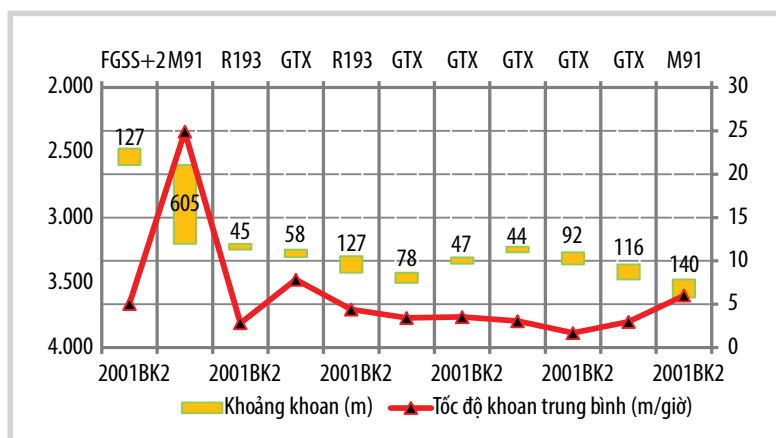
Ống chống kỹ thuật Φ245 mm được khoan bằng chèo Φ311,2 mm. Đất đá của tập này chủ yếu là sét

xen kẽ những lớp cát mỏng, có độ cứng từ mềm đến trung bình.

Ống chống khai thác Φ194 mm hay Φ178 mm được khoan bằng chèo Φ215,9 mm. Đất đá của tập này sét kết xen kẽ các lớp cát kết và bột kết mỏng, có độ cứng trung bình.



Hình 3. So sánh hiệu quả sử dụng chông khoan kim cương đa tinh thể và chông khoan 3 chóp ở giếng 425-BK-5.



Hình 4. So sánh hiệu quả sử dụng chông khoan kim cương đa tinh thể và 3 chóp ở giếng 2001-BK2.



Hình 5. Chông khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm M91.



Hình 6. Chông khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm M94.

## 2. Thử nghiệm chông khoan kim cương đa tinh thể

### 2.1. Giai đoạn thứ nhất

Khi Vietsovpetro bắt đầu sử dụng chông khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm AR526 do Hughes Christensen sản xuất hiệu quả khoan cải thiện rõ cả về tốc độ khoan, số mét khoan trên chông khi so sánh với loại chông 3 chóp xoay. Theo Hình 3 và 4, ở giếng 425-BK-5 khoan bằng chông khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm AR526 lần đầu tiên sử dụng ở Vietsovpetro và giếng 2001-BK-2 khoan năm 2002 bằng chông khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm M91. Trong cùng 1 đoạn khoan với chông  $\Phi 311,2$  mm chống ống  $\Phi 245$  mm, chông khoan kim cương đa tinh thể với tốc độ khoan cao trên 10 m/giờ đối với chông AR526 và trên 20 m/giờ đối với chông M91 đồng thời tổng số mét khoan 1 chông khá cao đạt trên 500 m/chông [1].

### 2.2. Giai đoạn thứ hai

Từ năm 2001 - 2009, lần đầu tiên Vietsovpetro sử dụng chông khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm M91BPX có 5 cánh và đường kính răng 19 mm (Hình 5) của hãng Smith và sau này chuyển sang chông khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm M94HPX, S94HPX với 4 cánh và đường kính răng 19 mm (Hình 6 và 7). Đồng thời, Vietsovpetro cũng sử dụng chông khoan kim cương đa tinh thể của Baker Hughes,  $\Phi 311,2$  mm HC604CM có 4 cánh và đường kính răng 19 mm (Hình 8). Tại giếng khoan và chống ống  $\Phi 194$  mm hay  $\Phi 178$  mm qua tầng dị thường áp suất cao (Oligocene), Vietsovpetro sử dụng chông khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 215,9$  mm M94HPX, S94HPX kết hợp với sử dụng công nghệ lái chỉnh xiên động cơ đáy (PDM).

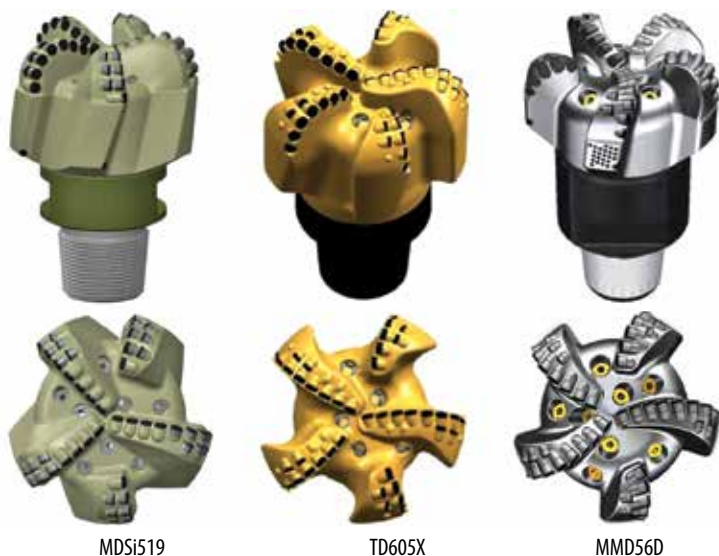
Năm 2010, Vietsovpetro bắt đầu ứng dụng công nghệ lái chỉnh xiên (rotary steerable system - RSS), chông khoan kim cương đa tinh thể cũng có thay đổi đáng kể trong thiết kế để phù hợp hơn khi sử dụng công nghệ khoan lái chỉnh xiên với RSS.



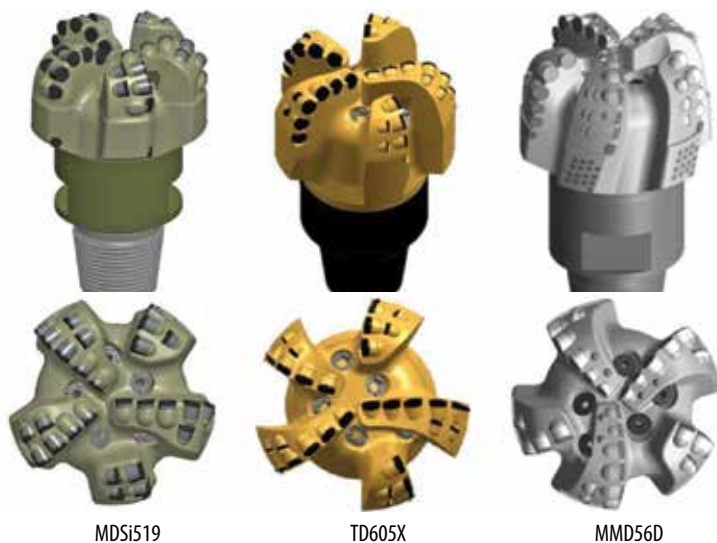
Hình 7. Chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm S94.



Hình 8. Chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm HC604.



Hình 9. Chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm.

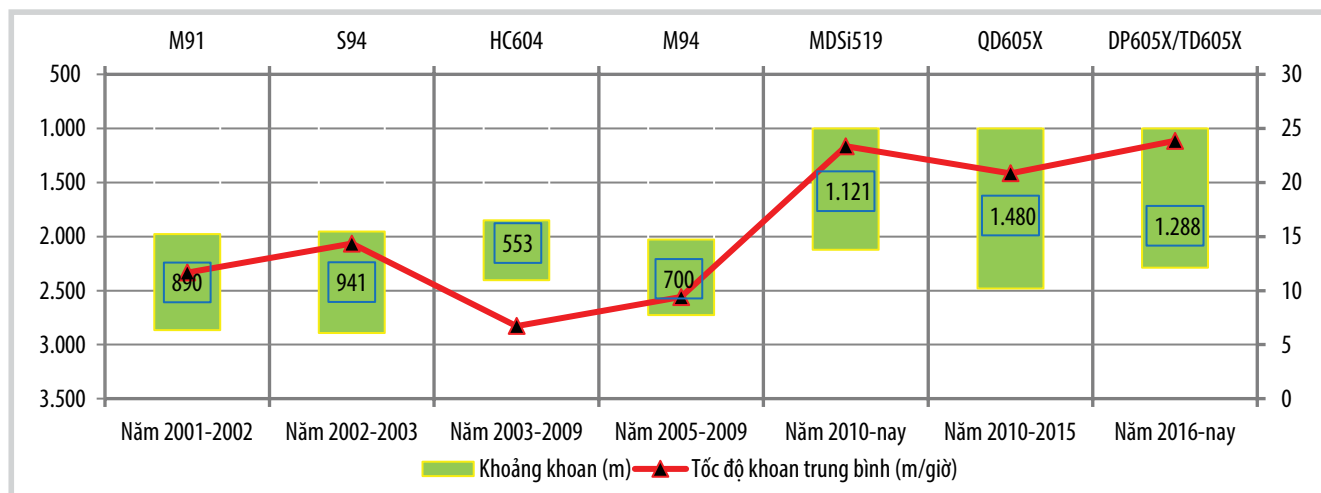


Hình 10. Chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 215,9$  mm.

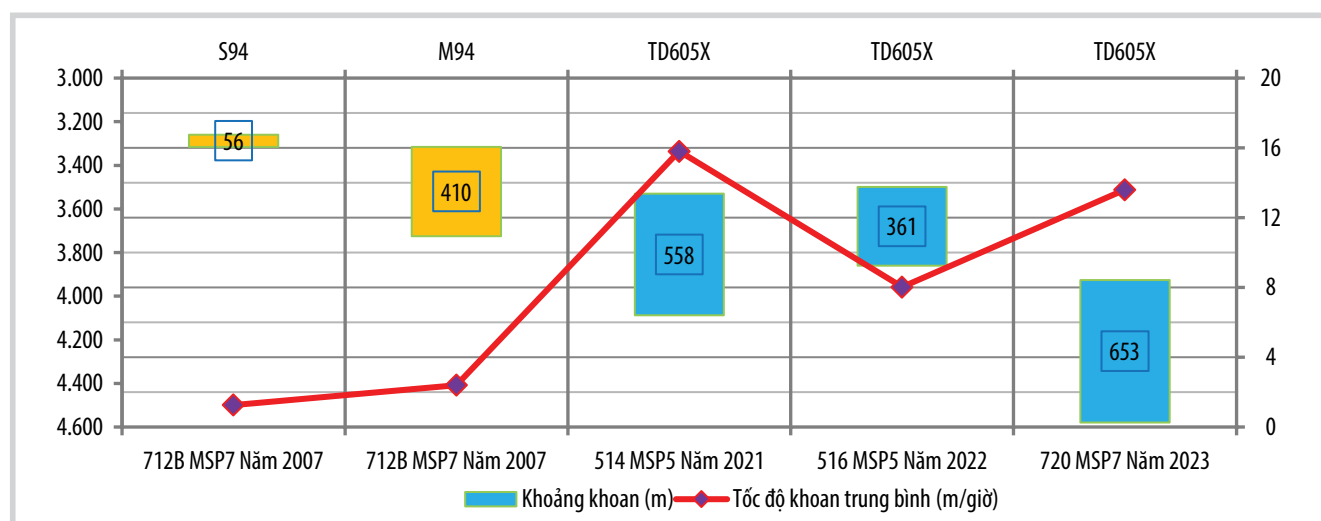
Đối với công đoạn chống ống  $\Phi 340$  mm, các loại chòong khoan mới như chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm có 5 cánh và đường kính răng chòong 19 mm là MRS159HB, MDSi519 của Smith; QD605X, DP605X, TD605X của Baker Hughes và MMD56D của hãng Halliburton (Hình 9) được sử dụng thay thế các loại chòong cũ ở Vietsovpetro để phù hợp hơn. Đối với công đoạn chống ống  $\Phi 194$  mm hay  $\Phi 178$  mm, các loại chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 215,9$  mm MDSi519 của hãng Smith; QD605X, DP605X, TD605X của hãng Baker Hughes và MMD56D của hãng Halliburton (Hình 10) được cải tiến và áp dụng rộng rãi tại Vietsovpetro.

Tính đến nay, việc thiết kế chòong khoan đối với công đoạn khoan  $\Phi 311,2$  mm,  $\Phi 215,9$  mm đã được cải tiến để phù hợp với công nghệ lái chỉnh xiên và điều kiện địa chất của mỏ Bạch Hổ và Rồng. Vietsovpetro đã làm việc với các nhà cung cấp chòong khoan uy tín trên thế giới như Smith (SLB) và Baker Hughes để nghiên cứu, cập nhật các công nghệ khoan bằng chòong khoan mới và tiến hành thử nghiệm áp dụng cho các giếng ở Vietsovpetro. Các loại chòong khoan kim cương đa tinh thể mới đã hoàn thiện về vật liệu răng chòong có độ bền cao, chống chịu va đập và mài mòn tốt hơn; cách phân bố số lượng răng phù hợp giúp tải trọng trên các răng đều nhau, tăng độ bền của răng chòong; có sự kiểm soát độ cắm ngập răng chòong giúp chòong ổn định trong quá trình khoan; tối ưu hóa về thủy lực giúp làm sạch giếng khoan dễ dàng hơn, đặc biệt là phù hợp với thiết bị lái chỉnh xiên.

Hình 11 cho thấy sự phát triển của chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm từ năm 2001 đến nay: M91 - S94 - M94 - MDSi519 của Smith và AR526 - HC604 - QD605X - DP605X - TD605X của Baker Hughes, các khoảng khoan và tốc độ khoan trung bình trong các mốc thời gian có sự gia tăng. Hiện nay, chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 311,2$  mm MDSi519 và TD605X là loại được sử dụng phổ biến ở Vietsovpetro với tốc độ khoan (Vc.h) lên đến 50 m/giờ,



Hình 11. So sánh hiệu quả sử dụng chèo khoan kim cương đa tinh thể Ø311,2 mm từ năm 2001 đến nay.



Hình 12. So sánh hiệu quả sử dụng chèo khoan kim cương đa tinh thể Ø215,9 mm ở các giếng khoan 712B, 720-MSP7 và 514, 516-MSP5.

Bảng 1. Hiệu suất làm việc của chèo khoan Ø311,2 mm ở hệ tầng Oligocene dưới giếng khoan xiên định hướng 712B, 720-MSP7 và 514, 516-MSP5

| Tên giếng khoan | Khoảng chiều sâu từ - đến (m) |       | Chủng loại chèo |      |         | Năng suất chèo khoan |                       | Chế độ khoan            |         |               |            | Lý do kéo chèo | Ghi chú        |
|-----------------|-------------------------------|-------|-----------------|------|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------|---------------|------------|----------------|----------------|
|                 |                               |       | Loại            | IADC | Số hiệu | Số mét khoan (m)     | Thời gian khoan (giờ) | V <sub>ch</sub> (m/giờ) | P (tấn) | n (vòng/phút) | Q (l/giây) |                |                |
| 1               | 2                             | 3     | 4               | 5    | 6       | 7                    | 8                     | 9                       | 10      | 11            | 12         | 13             | 14             |
| 712B MSP7       | 3.259                         | 3.315 | S94             | M221 | 2255    | 56                   | 45                    | 1,3                     | 4 - 6   | 65 + PDM      | 24         | BHA            | PDM675         |
| 712B MSP7       | 3.315                         | 3.725 | M94             | M221 | 1617    | 410                  | 171                   | 2,4                     | 4 - 6   | 65 + PDM      | 26         | BHA            | PDM675         |
| 514 MSP5        | 3.530                         | 4.038 | TD605X          | M323 | 5322432 | 558                  | 35                    | 15,8                    | 4 - 8   | 120 - 115     | 29,5 - 28  | TD             | RSS-Autotrak   |
| 516 MSP5        | 3.499                         | 3.860 | TD605X          | M323 | 5324196 | 361                  | 45                    | 8,0                     | 4 - 8   | 125           | 30 - 32    | TD             | RSS-Autotrak   |
| 720 MSP7        | 3.926                         | 4.309 | TD605X          | M323 | 5334493 | 653                  | 48                    | 13,6                    | 4 - 6   | 120           | 34         | BHA            | RSS-PowerDrive |

Ghi chú: PDM (positive displacement motor): Động cơ đẩy; BHA (bottomhole assembly): Bộ khoan cụ; RSS (rotary steerable system): Thiết bị lái chính xiên; TD (total depth): Tổng chiều sâu.

khoảng khoan dài nhất có thể đạt 2.350 m được ghi nhận cho đến hiện tại.

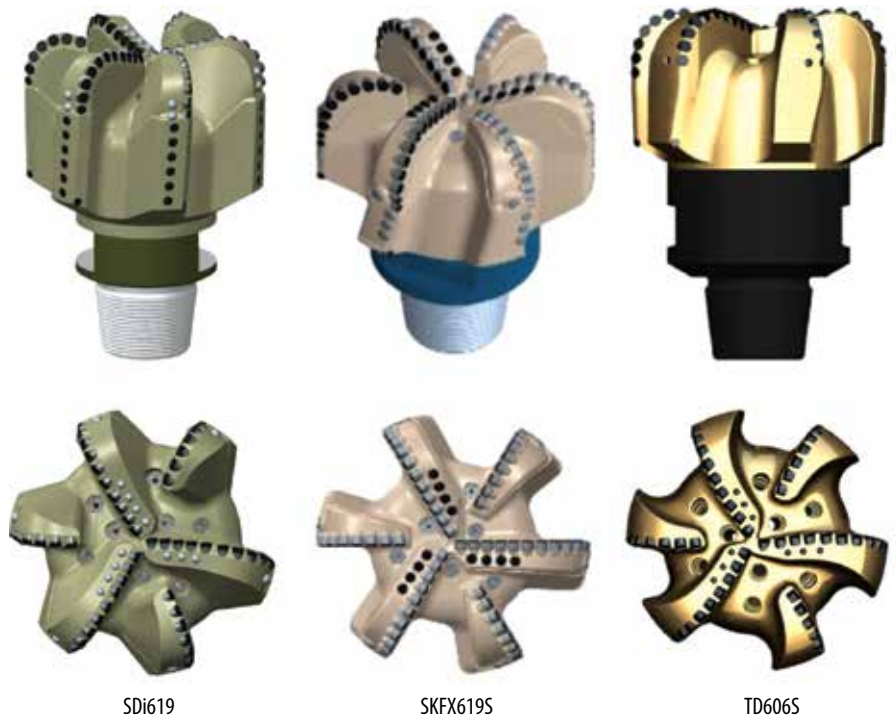
Hình 12 và Bảng 1 so sánh hiệu quả sử dụng chèo khoan kim cương đa tinh thể công đoạn Ø215,9 mm khoan chống ống Ø194 mm hay Ø178 mm qua địa tầng Oligocene dưới có dị thường áp suất cao, tỷ trọng dung dịch cao nhất

1,77g/cm<sup>3</sup>. Giếng 712B-MSP7 sử dụng chèo khoan S94 và M94 kết hợp lái chính xiên với động cơ đẩy PDM675. Giếng 514-MSP5, 516-MSP5, 720-MSP7 sử dụng chèo khoan mới TD605X kết hợp với lái chính xiên hiện đại (RSS) và thông số khoan tối ưu giúp tăng tốc độ khoan lên gấp nhiều lần, tăng hiệu suất khoan,

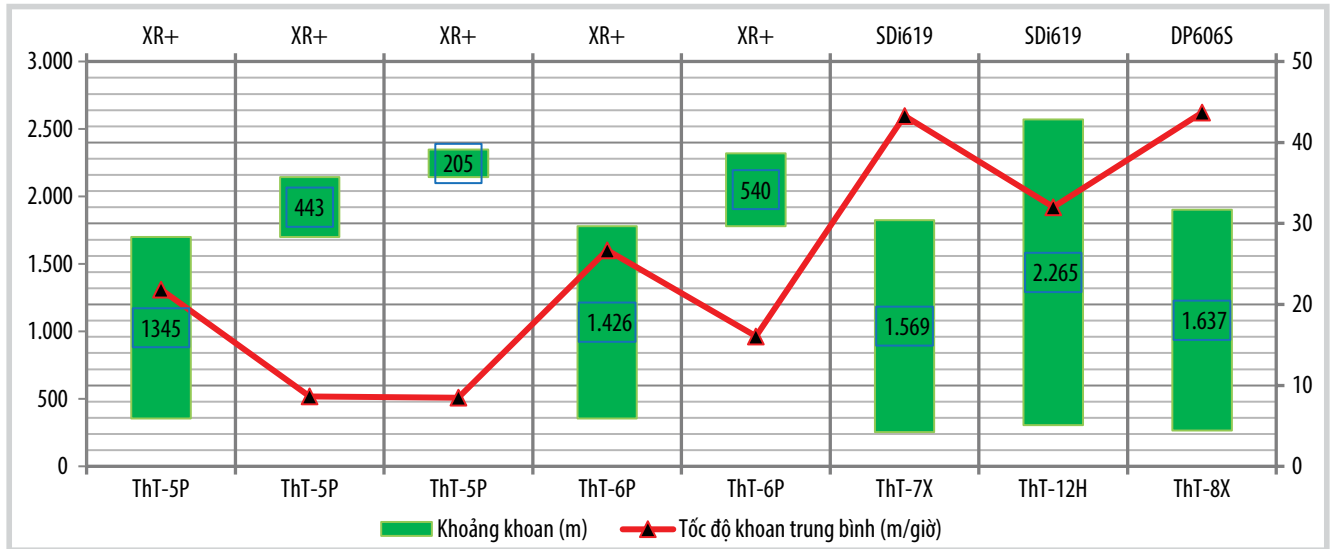
tiết giảm thời gian và chi phí cho thi công giếng khoan [2].

**2.3. Giai đoạn thứ ba**

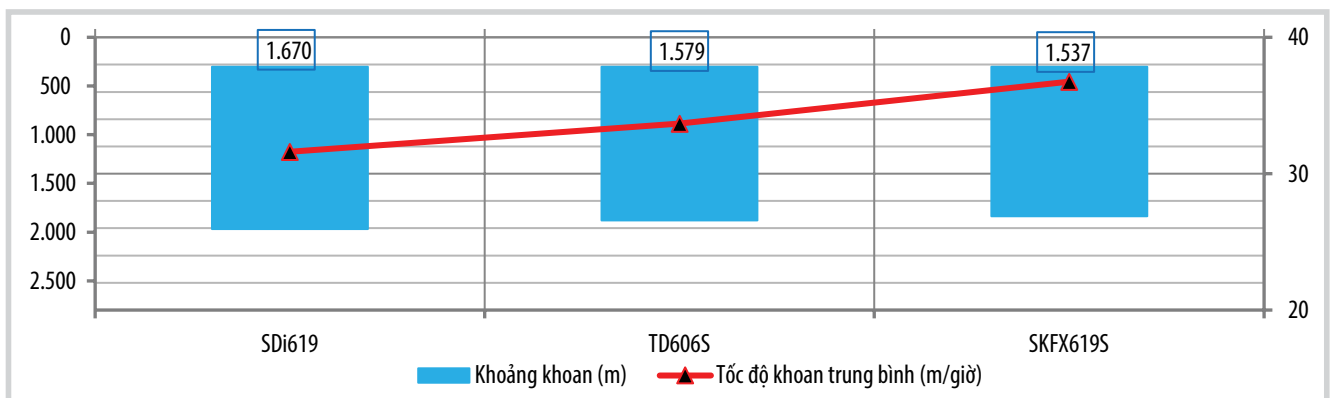
Năm 2015, lần đầu tiên sử dụng chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 406,4$  mm khoan lái chính xiên với động cơ đáy từ Pliocene Đệ Tứ đến hết Miocene giữa (SH3) chống ống  $\Phi 340$  mm. Trước đây, đoạn khoan này được thực hiện bằng chòong 3 chóp xoay  $\Phi 444,5$  mm hay  $\Phi 406,4$  mm loại 3SS-K, TSK, FGSH, MGSSH, T11, GTX-CG1, XR+... kết hợp với động cơ đáy cho phép lái chính đến chiều sâu chống ống. Trong thực tế, có thể xảy ra bất cập như: tốc độ khoan cơ học thấp khi khoan xuống địa tầng có hàm lượng sét



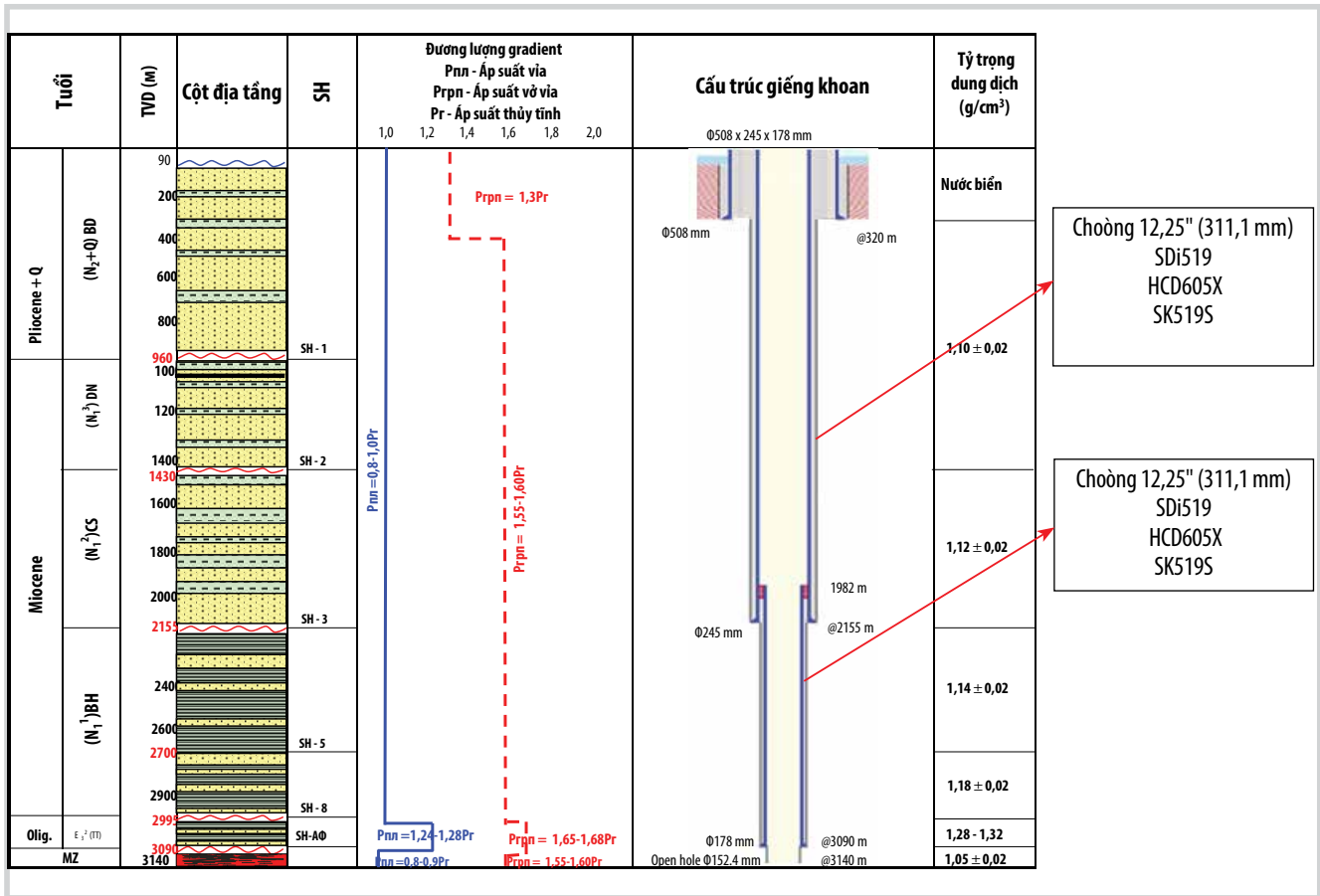
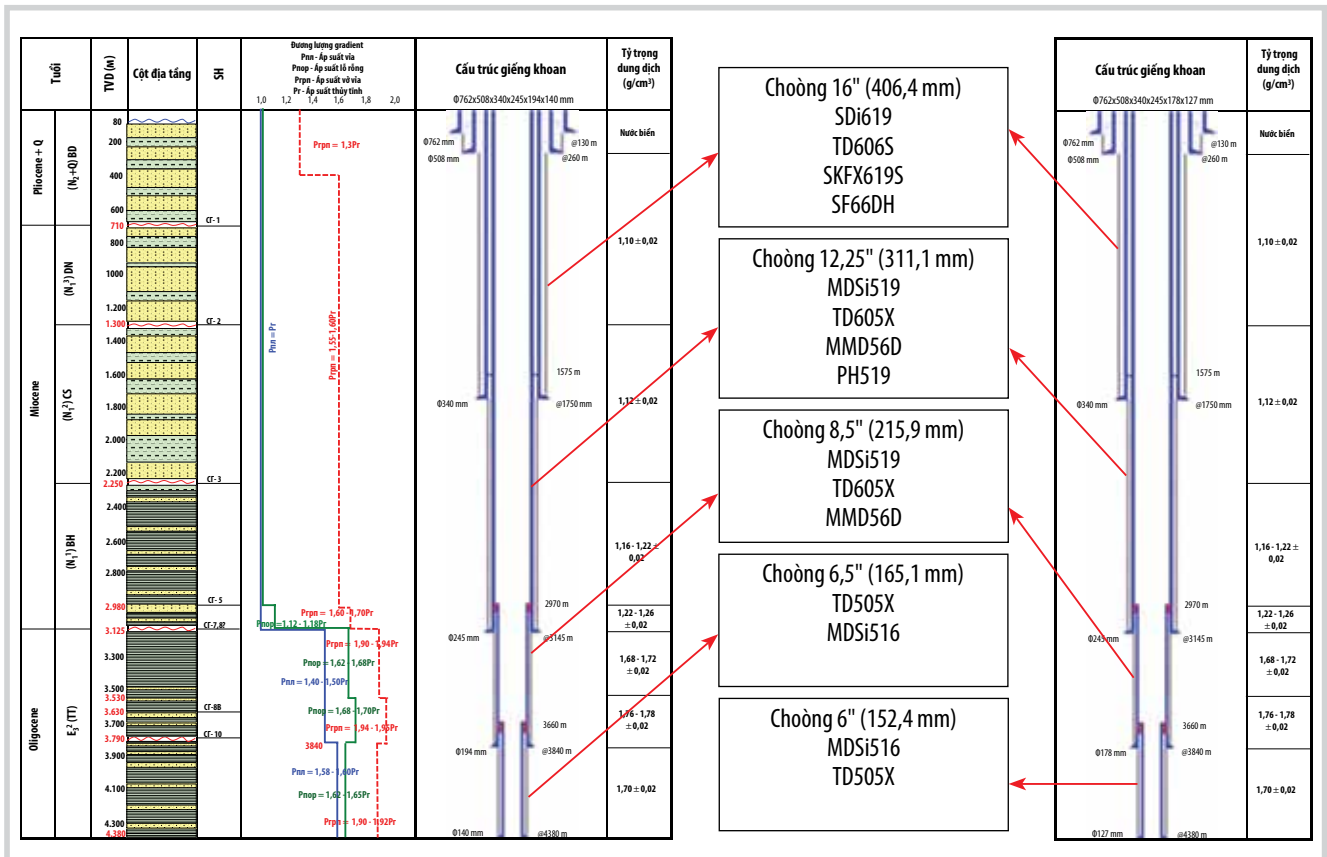
Hình 13. Chòong khoan kim cương đa tinh thể  $\Phi 406,4$  mm.



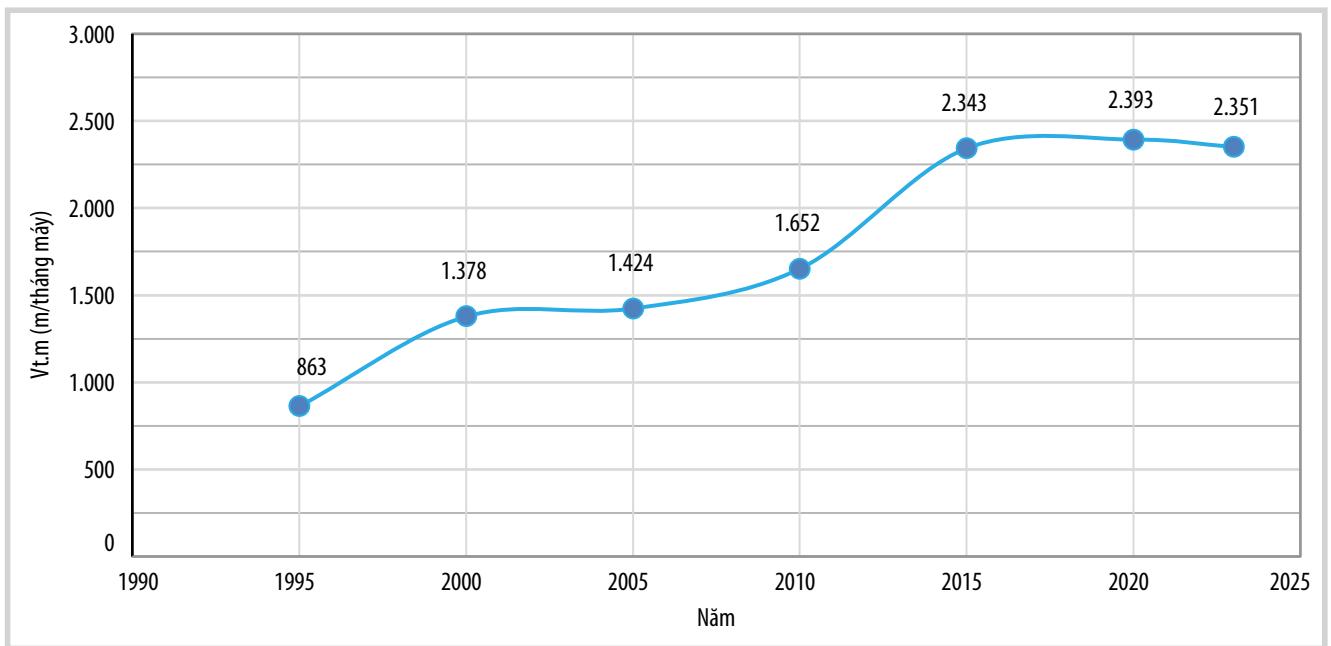
Hình 14. So sánh tốc độ khoan của chòong kim cương đa tinh thể  $\Phi 406,4$  mm (SDi619, DP606S) và 3 chóp xoay  $\Phi 444,5$  mm (XR+) kết hợp với động cơ đáy.



Hình 15. Tốc độ khoan và khoảng khoan trung bình của các loại chòong kim cương đa tinh thể  $\Phi 406,4$  mm đang sử dụng.



Hình 16. Các loại chèo khoan được sử dụng ở Vietsovpetro theo 3 cấu trúc khác nhau.



Hình 17. Tốc độ khoan thương mại trung bình (Vt.m) của Vietsovpetro trong giai đoạn 1995 - 2023.

Bảng 2. Tốc độ khoan thương mại trung bình của Vietsovpetro trong giai đoạn 1995 - 2023

| Năm  | Vt.m (m/tháng máy) |
|------|--------------------|
| 1995 | 863                |
| 2000 | 1.378              |
| 2005 | 1.424              |
| 2010 | 1.652              |
| 2015 | 2.343              |
| 2020 | 2.393              |
| 2023 | 2.351              |

cao như Miocene giữa; cần nhiều hiệp kéo thả để thay chòong khoan, thay động cơ đáy; thời gian khoan kéo dài sẽ làm thành giếng khoan kém ổn định; ngoài ra nguy cơ rớt, hoặc kẹt chóp của chòong 3 chóp... Tình trạng này khiến phát sinh thời gian, chi phí cho quá trình thi công giếng khoan. Sử dụng các loại chòong khoan kim cương đa tinh thể Ø406,4 mm SDi619, TD606S, SKFX619S có 6 cánh và đường kính răng 19 mm (Hình 13) kết hợp với động cơ đáy hay thiết bị lái chỉnh xiên cải thiện rõ rệt hiệu suất khoan về tốc độ khoan, số mét khoan trên chòong so với chòong 3 chóp. Hình 14 thể hiện hiệu suất khoan ở mỏ Thổ Trắng khi sử dụng chòong khoan kim cương đa tinh thể Ø406,4 mm và 3 chóp xoay Ø444,5 mm. Tốc độ khoan cao hơn gấp nhiều lần: thời gian khoan thực tế của các giếng ThT-7X, 12H, 8X sử dụng chòong khoan kim cương đa tinh thể khoảng 5 - 6 ngày trong khi các giếng ThT-5P, 6P sử dụng chòong khoan 3 chóp xoay thời gian khoan là 8 - 10 ngày.

Với hiệu quả trên, Vietsovpetro đã áp dụng công nghệ khoan sử dụng chòong khoan kim cương đa tinh thể kết hợp với động cơ đáy cho các giếng khoan và chống ống Ø340 mm đến Miocene giữa. Hình 15 tổng hợp tốc độ khoan và khoảng khoan trung bình của các chòong khoan kim cương đa tinh thể Ø406,4 mm đang sử dụng cho đến nay. Tốc độ khoan lớn nhất và khoảng khoan dài nhất được ghi

nhận đến hiện tại Vc.h = 54 m/giờ và 2.311 m.

### 3. Lựa chọn loại chòong khoan kim cương đa tinh thể phù hợp với cấu trúc, điều kiện khoan các giếng khai thác sản phẩm Miocene dưới và Oligocene

Về mặt kỹ thuật, chòong khoan được lựa chọn dựa trên cấu trúc giếng khoan và điều kiện địa chất. Tùy thuộc vào mục tiêu khai thác trong tầng sản phẩm Miocene dưới hay Oligocene mà cấu trúc giếng khoan thay đổi, Vietsovpetro sẽ sử dụng loại chòong khoan kim cương đa tinh thể phù hợp. Hình 16 là các loại chòong khoan là sự lựa chọn tối ưu nhất ứng với từng cấu trúc và địa chất ở mỏ Rồng và mỏ Bạch Hổ.

Do đầu tư trang thiết bị, sử dụng hệ dung dịch khoan có chất lượng tốt, đặc biệt với việc đưa vào sử dụng chòong khoan kim cương đa tinh thể, Vietsovpetro đã tăng tốc độ khoan thương mại trung bình (Vt.m) lên đáng kể (Bảng 2). Theo kết quả thống kê trong Hình 17, tốc độ khoan thương mại trung bình đã tăng từ 863 m/tháng máy (1995), lên mức 1.424 m/tháng máy (2005), 2.393 m/tháng máy (2020) và đạt 2.351 m/tháng máy (2023). Trong giai đoạn từ năm 1995 đến 2023, tốc độ khoan thương mại trung bình tăng 2,72 lần.



#### 4. Kết luận

Vietsovpetro đã từng bước nâng cao năng lực kỹ thuật và hiệu quả hoạt động khoan thông qua việc sử dụng chòong khoan kim cương đa tinh thể phù hợp với cấu trúc, điều kiện khoan các giếng thuộc trầm tích Đệ Tam ở mỏ Bạch Hổ và mỏ Rồng, bể Cửu Long, thềm lục địa Việt Nam. Tốc độ khoan thương mại trung bình (Vt.m) của Vietsovpetro trong năm 2023 đạt 2.351 m/tháng máy, tăng 2,72 lần so với năm 1995 - năm bắt đầu triển khai thử nghiệm chòong khoan kim cương đa tinh thể. Việc tiếp tục phát triển và ứng dụng công nghệ này cho các khu vực trầm tích Đệ Tam, thềm lục địa Nam Việt Nam là

cần thiết và cấp bách, nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế kỹ thuật và tối ưu chi phí khoan trong tương lai.

#### Tài liệu tham khảo

[1] Đặng Cửa và Nguyễn Thành Trường, “Liên doanh dầu khí “Vietsovpetro” sử dụng chòong khoan kim cương đa tinh thể (PDC) ở Xí nghiệp liên doanh dầu khí “Vietsovpetro”, *Địa lý địa chất môi trường*, 1996.

[2] Vietsovpetro, “*Thiết kế giếng khoan, báo cáo kết thúc giếng khoan*”, Báo cáo khoan hàng ngày của tất cả các giếng đã khoan ở Vietsovpetro.

## IMPROVING THE STRUCTURE OF POLYCRYSTALLINE DIAMOND COMPACT DRILL BIT TO ENHANCE EFFICIENCY WHEN DRILLING THROUGH TERTIARY SEDIMENTS OF BACH HO AND RONG FIELDS, CUU LONG BASIN

Dang Cua<sup>1</sup>, Bui Le Trong Hoa<sup>2</sup>, Ta Ngoc Anh<sup>2</sup>, Ta Van Thinh<sup>2</sup>, Nguyen Van Cuong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vietnam Petroleum Association (VPA)

<sup>2</sup>Vietsovpetro Joint Venture

Email: hoabt.rd@vietsov.com.vn

### Summary

Polycrystalline diamond compact (PDC) drill bit has been used at the Vietsovpetro Joint Venture since 1994. Since then, the PDC drill bit structures have been continuously investigated, tested, and modified to improve the drilling efficiency. This paper provides an overview of the research, development, and application of PDC drilling technology, while emphasizing the crucial role of improving drill bit structures to enhance performance of drilling through Tertiary Sediments of Bach Ho and Rong fields.

**Key words:** Polycrystalline diamond compact, casing structure, geology, Miocene, Oligocene, Bach Ho field, Rong field.