

Robert Rado*, Jan Lubaś**

ROZWIERCANIA STRUKTURY GAZONOŚNEJ NA PRZYKŁADZIE ZŁOŻA KOŚCIAN***

1. WSTĘP

Zapotrzebowanie na surowce energetyczne oraz wzrost ich cen w ostatnich latach są powodem zwiększenia nakładów na prace geologiczno-poszukiwawcze mające na celu odkrycie i pozyskanie nowych złóż ropo- i gazonośnych. W wyniku tych działań odkryto w pobliżu miejscowości Kościan złoża gazu ziemnego. Konkurencja na rynku prac wiertniczych zmusiła przedsiębiorstwa prowadzące wiercenia do efektywnego wykorzystania urządzeń wiertniczych oraz optymalizacji procesu wiercenia, co przynosi wymierne korzyści w postaci obniżenia kosztu wykonania otworów i przyspiesza oddanie złoża do eksploatacji.

Poszczególne fazy prac wiertniczych, mające na celu wykonanie otworu, w różny sposób wpływają na końcowy wynik techniczno-ekonomiczny. Organizacja poszczególnych faz wiercenia oraz techniczna realizacja samego wiercenia ma bezpośrednie odbicie w kosztach realizacji przedsięwzięcia.

Artykuł prezentuje techniczny aspekt rozwiercania złoża Kościan na podstawie 10 otworów wiertniczych wykonanych w celu udostępnieniu złoża. W artykule zwrócono uwagę na dobór narzędzi i płuczki wiertniczej oraz przeanalizowano czasy wiercenia poszczególnych otworów.

2. WARUNKI GEOLOGICZNO-ZŁOŻOWE ROZWIERCANEGO ZŁOŻA

Złoże gazu ziemnego w pobliżu miejscowości Kościan odkryto w rafowej części wapienia cechsztyńskiego. Jest to złożo masywowo-warstwowe o powierzchni ok. 21 km².

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Oil & Gas Exploration Company Cracow Ltd.

*** Praca została zrealizowana w ramach badań statutowych

Zalega ono na sfałdowanych i zdyslokowanych utworach karbońskich w obrębie wyniesienia wolsztyńskiego. Zbudowane jest głównie z jasnych i jasnoszarych, masywnych, porowatych skał węglanowych (dolomitów i wapieni). W obrębie rafy, wapień posiada miąższość od 22 do 88 m. Średnia efektywna porowatość serii zbiornikowej według badań geofizycznych wynosi ok. 16%, przepuszczalność 17 mD, pierwotne ciśnienie złożowe ok. 25 MPa, a wydobywalne zasoby w rafie na ok. 7 mld m³. Gaz ziemny zakumulowany w złożu jest gazem metanowo-azotowym o zawartości węglowodorów ok. 81%, nie zawiera szkodliwych domieszek, ani siarkowodoru. Wydajności potencjalne otworów wahają się w granicach od 130 do ok. 3500 nm³/min.

3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE ROZWIERCANIA STRUKTURY GAZONOŚNEJ

Pierwotnie gazonośna rafa wapienia cechsztyńskiego została rozpoznana kilkoma pozytywnymi otworami wiertniczymi. Podstawowym celem dalszych wierceń było więc poznanie własności zbiornikowych utwów wapienia. Drugoplanowym celem było zbadanie gazonośności dolomitu głównego zalegającego powyżej wapienia. Na podstawie przeprowadzonych badań sejsmicznych 3D oraz pierwszych otworów rozpoznawczych wykonano teoretyczny profil geologiczny dla struktury gazonośnej. Jak okazało się po wykonaniu pozostałej części otworów, założony profil geologiczny złoża w bardzo niewielkim stopniu odbiegał od profilu rzeczywistego.

Profil geologiczny złoża Kościan przedstawia tabela 1 (na wklejce).

4. KONSTRUKCJA OTWORÓW

Rozwiercanie struktury odbywało się otworami wiertniczymi o identycznej konstrukcji. Prace wiertnicze rozpoczynano świdrem o średnicy 24". Po odwierceniu ok. 20÷30 m zapuszczano kolumnę wstępną rur okładzinowych o średnicy 20". Następnie otwór rurowano kolumną rur 13 3/8" (cementowaną do wierzchu) po nawierceniu około 30÷40 m retyku, tj. do głębokości ok. 270÷330 m. Wiercenie pod tę kolumnę rur odbywało się świdrem 17 1/2". Kolejną kolumnę rur 9 5/8" zapuszczano do głębokości około 1930÷2010 m po przewierceniu czerwonego iłu solnego i nawierceniu około 20 m soli młodszej. Wiercenie pod tę kolumnę wykonywano narzędziami 12 1/4". Pod kolumnę eksploatacyjną 7" otwór wiercono narzędziami 8 1/2". But kolumny rur 7" stawiano w karbonie, na głębokości ok. 2280÷2360 m i cementowano na zakładkę. W przypadku dwóch otworów kolumna 7" została zaprojektowana jako tracona (otwory nr 9 i 10). W otworach eksploatacyjnych, wydobywanie zaplanowano przez rurki wydobywcze 3 1/2".

Zestawienie głębokości zapuszczenia poszczególnych kolumn rur okładzinowych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2
Zarurowanie otworów złoza Kościan

Nr otworu	Głębokość zapuszczenia rur [m]			
	20"	13 3/8"	9 5/8"	7"
9	30	310	1984	1924÷2282
10	21	323	1961	1892÷2319
11	26	300	1961	2338
12	21	299	1989	2338
13	30	319	2017	2353,5
14	21	320	1980	2322
15	18	299	1944	2294
16	25,6	331	1998	2312
B-1	24	449	2050	2484
Ko-1	21	321	1964	2316

5. SPRZĘT WIERTNICZY STOSOWANY W ROZWIERCANIU ZŁOŻA

5.1. Urządzenia wiertnicze

Do rozwiercenia struktury Kościan użyto dwóch typów urządzeń wiertniczych: IRI-750 o wysokości masztu 35,66 m i maksymalnym obciążeniu 1360 kN oraz SKAYTOP TR-800 z masztem 35,06 m i dopuszczalnym obciążeniem 1860 kN. Urządzenie IRI-750 wyposażone było w dwie pompy płuczkowe Triplex T-500, a urządzenie TR-800 w pompy typu Triplex PZ-8.

5.2. Narzędzia wiertnicze

Przy rozwiercaniu złoza zastosowano kilka rodzajów narzędzi wiertniczych różnych producentów. W wierceniach stosowano świdry gryzowe firm: GLINIK, SMITH, HUGHES, REED, świdry PDC takich producentów jak HUGHES oraz HYCALOG. Projekt geologiczny przewidywał również rdzeniowanie otworów, do tego celu używano koronek diamentowych o średnicach 8 1/2" produkowanych przez OBRTG, DBS SECURITY oraz koronek typu PDC firmy DBS SECURITY.

Z analizy wynika, że w otworach wierconych na złożu Kościan do głębokości ok. 2000 m, czyli pod rury okładzinowe 9 5/8", wykorzystywano w zasadzie tylko narzędzia gryzowe. Tylko w dwóch otworach zastosowano w tym przedziale głębokości narzędzia typu PDC, które zapuszczono od głębokości ok. 1100 m. W tym zakresie głębokości w grupie narzędzi gryzowych prawie wyłącznie stosowane były narzędzia polskiej produkcji. Narzędzia te pracowały głównie w interwałach skał miękkich i średniotwardych. Przeciętny

postępem wiercenia dla tych narzędzi wyniósł ok. 4 m/h (min. 3,34 m/h, maks. 6,36 m/h) średni czas pracy w otworze to ok. 20 h. Narzędzia te w dalszej części wierceń używane były wyłącznie do zwiercania korków cementowych. Zdecydowanie lepsze wyniki zanotowano dla narzędzi diamentowych i PDC, pomimo że te pracowały one w skałach twardych i abrazywnych. Narzędzia te charakteryzowały się postęпами wiercenia w granicach 3÷4 m/h przy średnim czasie pracy 60÷120 h. Najlepsze narzędzia zanotowały postępy 6÷10 m/h potrafiły odwiercić w marszu do 200 m i osiągnąć łączny przewiert ok. 1000 m. Przeciętnie w otworze pracowało ok. 17 narzędzi. Najmniej użyto ich w otworze 14 (11 szt), a najwięcej w otworze 13 (22 szt). Narzędzia produkcji polskiej stanowiły ponad 57% narzędzi użytych w otworach. Łącznie do rozwiercenia struktury użyto 168 narzędzi w tym 95 świdrów gryzowych produkcji polskiej. Łączna długość wierceń na strukturze Kościan wyniosła 23 374 m, z czego narzędziami gryzowymi wykonano 10 758 m. W tabeli 3 zestawiono zużycie narzędzi w poszczególnych otworach.

Tabela 3
Zestawienie zużycia narzędzi na poszczególnych otworach złoża Kościan

Nr otworu	Liczba narzędzi	Liczba świdrów gryzowych
9	20	13
10	16	11
11	13	6
12	17	10
13	22	15
14	11	5
15	18	11
16	16	6
B-1	19	12
Ko-1	15	6

6. PŁUCZKA WIERTNICZA STOSOWANA DO ROZWIERCANIU ZŁOŻA

W tabeli 1 zestawiono podstawowe parametry reologiczne płuczki wiertniczej stosowanej przy rozwiercaniu złoża Kościan. Do rozwiercania struktury w zależności od interwału stosowano płuczkę bentonitową lub płuczkę polimerowo-chlorkową. W celu osiągnięcia pożądaných właściwości płuczka ta była modyfikowana różnymi związkami chemicznymi takimi, jak: tyloza, soda kaustyczna, soda amoniakalna, sól kamienna i polimery oraz ROTOMAG, ROTOCAL, ROTOSOL, ROTOPOL. W utworach iłów plastycznych płuczkę dociążano barytem.

Interesujących informacji z punktu widzenia projektowania własności reologicznych płuczki może dostarczyć tabela 4, w której zestawiono ilości usuniętych z poszczególnych otworów: urobku oraz płuczki wiertniczej. Odpady płuczkowe były wywożone na składowisko odpadów. Była to innowacja w stosunku do dotychczas stosowanych dołów urobkowych.

Tabela 4
Zestawienie usuniętych z poszczególnych otworów odpadów wiertniczych

Numer otworu	Głębokość otworu [m]	Objętość usuniętych płynów [m ³]	Objętość usuniętego urobku [m ³]	Łączna objętość [m ³]
9	2293	324	402	726
10	2320	297	368	665
11	2341	274	310	584
12	2340	310	678	988
13	2356	1248	1020	2268
14	2325	352	409	761
15	2297	292	412	704
16	2312	371	763	1134
B-1	2484	426	696	1122
Ko-1	2316	402	538	940
Średnio	2338,4	429,6	559,6	989,2

Analizując wyniki zestawione w tabeli 4, możemy stwierdzić, że przy różnicy głębokości wahającej się w granicach 5% i porównywalnych głębokościach zapuszczania rur okładzinowych do poszczególnych otworów różnice w ilościach usuniętych z otworów odpadów są znacznie większe (tab. 4). Przy założeniu, że średnia głębokość otworu na złożu Kościan wynosi 2338,4 m, a głębokość zapuszczenia kolejnych kolumn odpowiednio: 20" – 24 m (średnica wiercenia 24") 13 3/8" – 314 m (17 1/12"), 9 5/8" – 1985 m (12"), 7" – 2335 m (8 1/2") teoretyczna objętość otworu wynosi 190 m³. Porównanie objętości teoretycznej otworów z rzeczywistą objętością daje duże rozbieżności, na tyle duże, że nie da się ich wytłumaczyć innymi czynnikami niż hydrauliczne rozmywanie ścian otworu lub konieczność kilkukrotnego przerabiania odcinków otworu. Analiza ta daje pogląd na podstawowy problem jakim jest staranny dobór parametrów reologicznych płuczki, a zwłaszcza ich modyfikowanie w celu uzyskania jak najlepszych parametrów dla przewiercanych interwałów.

7. ANALIZA CZASU WYKONANIA OTWORÓW WIERTNICZYCH PRZY ROZWIERCANIU STRUKTURY GAZONOŚNEJ

Minimalizacja czasu wykonania otworów jest bardzo istotna z punktu widzenia kosztów całego przedsięwzięcia. Skrócenie czasu wiercenia ma bezpośredni wpływ na obniżenie

kosztu wykonania otworu. Podstawą do tej analizy na złożu Kościan stał się czas wykonania otworów. Dla porównania w tabeli 5 zestawiono planowany i rzeczywisty czas wykonania otworów oraz teoretyczny i rzeczywisty postęp prac wiertniczych dla poszczególnych otworów.

Tabela 5
Planowane i rzeczywiste czasy wiercenia przy rozwiercaniu struktury

Numer otworu	Planowany czas wiercenia [dni]	Rzeczywisty czas wiercenia [dni]	Planowana głębokość wiercenia [m]	Rzeczywista głębokość wiercenia [m]	Planowany ogólny postęp wiercenia [m/dniówkę]	Rzeczywisty ogólny postęp wiercenia [m/dniówkę]
9	90	82	2400	2283	26,7	27,8
10	90	78	2400	2320	26,7	29,7
11	85	64	2400	2341	28,2	36,6
12	80	70	2400	2340	30,0	33,4
13	68	89	2400	2356	35,3	26,5
14	73	66	2400	2325	32,9	35,2
15	70	74	2400	2297	34,3	31,0
16	67	61	2400	2312	35,8	37,9
B-1	90	89	2500	2484	27,8	27,9
Ko-1	75	71	2400	2316	32,0	32,6

8. TECHNICZNE PROBLEMY ZWIĄZANE Z ROZWIERCANIEM ZŁOŻA

Podczas prac wiertniczych pojawiły się pewne komplikacje wiertnicze związane z technologią wiercenia, a przede wszystkim z parametrami płuczki. Trudności pojawiły się podczas wiercenia świdrem 12 1/2" zaraz po wyjściu z buta rur 13 3/8" (w retyku i kajprze). W interwale tym następowało sypanie ściany otworu i tworzenie się kawern. Interwały starano się przewiercić jak najszybciej płuczką o pełnym zasoleniu, bardzo niskiej filtracji modyfikowanej chemicznie za pomocą polimeru w celu związania jonów wapnia i magnezu z warstw gipsu i anhydrytów. Największą trudnością podczas wiercenia było utrzymanie niskiej wartości wskaźnika filtracji.

Kolejną trudnością, na jaką napotkano podczas wiercenia, było przewiercanie czerwonego iltu solnego. Były to warstwy plastyczne w których obciążano płuczkę do ciężaru właściwego ok. 1500 N/m³. Z praktyki wynikało, że interwał ten należało przerobić (marszować – *short trip*) kilkakrotnie przed zapuszczeniem rur okładzinowych. W przeciwnym razie napotymano na problemy podczas zapuszczania rur okładzinowych.

Jednym z celów wierceń było opróbowanie dolomitu głównego. Interwał ten był rdzeniowany w celu określenia właściwości zbiornikowych. Jednym z głównych problemów rdzeniowania okazało się występowanie siarkowodoru w tych warstwach.

9. PODSUMOWANIE

Celem wierceń wykonywanych na złożu Kościan było udostępnienie i opróbowanie horyzontów perspektywicznych oraz rozpoznanie granic złoża. Z punktu widzenia przedsięwzięcia wiertniczego zastosowano klasyczną konstrukcję otworu i technologię wiercenia. W wierceniach brały udział urządzenia produkcji amerykańskiej z wyposażeniem przeciwerupcyjnym i kompletnym systemem oczyszczania płuczki. W wierceniach zastosowano najnowsze rozwiązania w zakresie narzędzi tzn. świdry słupkowe oraz świdry i koronki PDC. Kontrolowano w sposób ciągły parametry wiercenia oraz płuczki wiertniczej. Pozwoliło to na szybkie wykonanie otworów starając się obniżyć ogólne koszty.

Dobra organizacja pracy i zdobyte doświadczenia przy rozwiercaniu złoża zaowocowały:

- malejącym czasem odwiercania kolejnego otworu,
- malejącą liczbą zużytych narzędzi,
- malejącą objętością odpadów wiertniczych.

LITERATURA

- [1] Katalog narzędzi firmy Hughes Christensen Company: Drill Bit Catalog
- [2] Katalog narzędzi firmy Security DBS
- [3] Lubaś J., Rado R.: *Porównanie efektywności pracy różnych typów narzędzi wiertniczych*. Materiały IX Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Nowe metody i technologie w geologii naftowej, wiertnictwie, inżynierii złożowej i gazonictwie”, Wydawnictwo AGH, Kraków 2–3 lipca 1998
- [4] Mamczur S., Tenerowicz J., Żołnierczuk A.: *Największe złożo gazu ziemnego odkryte w latach 90*. Magazyn Polski Gaz i Nafta, maj 1999