

Andrzej Janocha*, Teresa Steliga*, Dariusz Bęben*

ANALIZA BADAŃ NIEKTÓRYCH WŁAŚCIWOŚCI ROPY NAFTOWEJ ZE ZŁOŻA LMG

W roku 2001 odkryto nowy obszar ropno-gazowy w pobliżu Międzychodu i Sowiej Góry, umownie nazwany jako rejon Lubiatów-Międzychód-Grotów (LMG). Projekt LMG zakłada wysokie wydobycie z każdego z odwiertów ropnych (od 85 do 350 ton na dobę).

Trwające do chwili obecnej poszukiwania pozwoliły udokumentować zasoby węglowodorów w niektórych strukturach geologicznych, w pozostałej części są to zasoby szacunkowe. Ocenia się, że w wyżej położonych partiach platformy węglanowej występują złoża gazowo-kondensatowe, a w niższym obrzeżeniu – złoża ropy [1].

W tabeli 1 zestawiono dotychczas odkryte złoża oraz przewidywaną wielkość zasobów ropy, gazu i kondensatu (dane z 2005 roku).

Tabela 1

Zestawienie przewidywanych maksymalnych (szacowanych i udokumentowanych) wydobywanych zasobów węglowodorów z poszczególnych złóż [3]

Złoże	Zasoby gazu/ropy
Międzychód	4,5 mln m ³
Grotów	5 tys. ton
Lubiatów	4,4 tys. ton
Sowia Góra	4,3 tys. ton

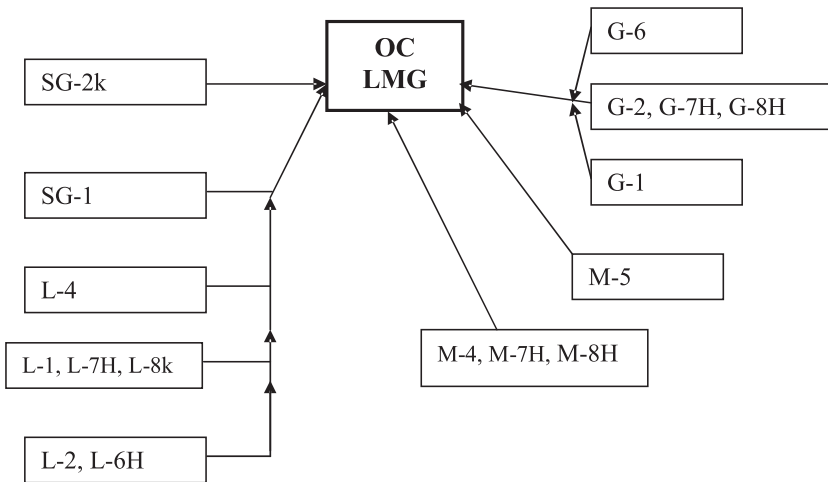
Nowe znaczące zasoby węglowodorów odkryte w rejonie Lubiatów-Grotów-Międzychód zalegają w trudnych warunkach geologiczno-złożowych [1, 2]. Wstępne wyniki badań wskazują na skomplikowany charakter układów fazowych płynów złożowych i specyficzne właściwości fizyczno-chemiczne ropy naftowej.

* Instytut Nafty i Gazu Kraków, O/Krosno

Celem zapewnienia poprawnego i płynnego prowadzenia procesów wydobycia opracowania wymagają między innymi zagadnienie technologiczne dotyczące zagrożeń związanych z wytrącaniem hydratów, parafin, asfaltenów i soli.

Według „Biuletynu Zamówień Publicznych” nr 272 „Projekt LMG – Ośrodek Centralny, strefy przyodwiertowe, rurociągi i inne” ogłoszonego przez PGNiG [4], które jest częścią Projektu LMG, zrealizowane w ramach tego zadania obiekty będą tworzyć Kopalnię Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego LMG (KRNiGZ LMG) [5]. Zadanie polega na zagospodarowaniu złóż ropy naftowej i gazu ziemnego z zawartością siarkowodoru Lubiatów, Międzychód, Grotów i obejmuje w szczególności: strefy (instalacje) przyodwiertowe na złożach Lubiatów (odwierty: L-1, L-2, L-4, L-6H, L-7H, SG-1 i SG-2k, SG-4), Międzychód (odwierty M-4, M-5, M-7H) i Grotów (odwierty: G1, G2, G-8H, G-9H). Odwierty L-1 i L-7H tworzą Ośrodek Grupowy Lubiatów I, a odwierty L-2 i L-6H tworzą Ośrodek Grupowy Lubiatów II. Odwierty M-4 i M-7H tworzą Ośrodek Grupowy Międzychód. Odwierty G-2, G-7H i G-8H tworzą Ośrodek Grupowy Grotów.

Na rysunku 1 przedstawiono schematycznie założenia połączenia wydobywanych płynów złożowych w sieci rurociągów łączących się centralnym ośrodkiem ich ujęcia (OC LMG).



Rys. 1. Schemat nitki rurociągów do OC LMG

Na schemacie (rys. 1) uwagę zwraca tzw. nitka „grzebieniowa” rurociągów Lubiatów-Sowia Góra – OC LMG, której sumaryczna długość wynosić ma ponad 8,5 km. Takie rozwiązanie konstrukcyjne musi podlegać analizie pod kątem zagrożeń związanych z przepływem dwufazowym płynu – tak aby uniknąć powstania trzeciej fazy (wytrąceń stałych), albo tak aby, jeśli te wytrącenia powstaną, nie mogły blokować przepływu, np. dzięki odpowiedniej liniowej szybkości przepływu płynu. W dalszej części pracy na przykładach wybranych płynów złożowych analizowane będą poszczególne zagrożenia ich przepływu na trasie z odwiertu do OC.

Wyrzawkowe zestawienia fragmentów analiz przedstawiono w tabelach 2–5.

Tabela 2

Zestawienie przybliżonych analiz próbek gazu ziemnego ze złoża LMG

Odwiert	Gęstość względna	Składniki gazu			Zawartość składników węglowodorowych	
		[% objętościowe]			[g/m ³]	
		C ₁	N ₂	H ₂ S	C ₃₊	C ₅₊
Lubiatów-1	1,006	28,30	46,81	7,01	321,4	120,6
Lubiatów-2	1,023	28,72	46,09	6,57	351,9	165,1
Lubiatów-4	0,992	29,43	46,52	7,39	289,6	115,9
Lubiatów-7H	0,983	28,05	48,60	7,29	265,8	91,3
Sowia Góra-2k	1,009	27,14	43,50	13,32	283,2	107,1
Sowia Góra-1	0,986	24,07	57,01	6,25	224,3	101,0
Międzychód-4	0,951	22,54	65,49	2,10	156,7	66,8
Międzychód-5	0,932	23,49	64,92	3,16	123,4	43,6
Międzychód-7H	0,939	22,11	63,95	5,95	108,9	35,3
Grotów-2	1,003	30,76	43,99	4,58	353,3	127,7
Sieraków-1	0,962	36,68	26,08	23,68	206,6	75,1

Na uwagę zasługuje odmienny skład gazu z odwiertów gazowo-kondensatowych Międzychód (ok. 65% azotu) i ropnych (średnio 47% azotu). Różnice składu w tych ostatnich można tłumaczyć różnymi warunkami separowania płynu złożowego PT [6] oraz charakterem wydobycia (wywołanie, test, próbna eksploatacja), co szczególnie widoczne jest w zawartości siarkowodoru. Aby określić warunki tworzenia hydratów w gazie towarzyszącym ropie naftowej, dokonano obliczeń przy wykorzystaniu programu PVTsim Hydraty, przy czym wzięto pod uwagę różne możliwe stężenia siarkowodoru w gazie.

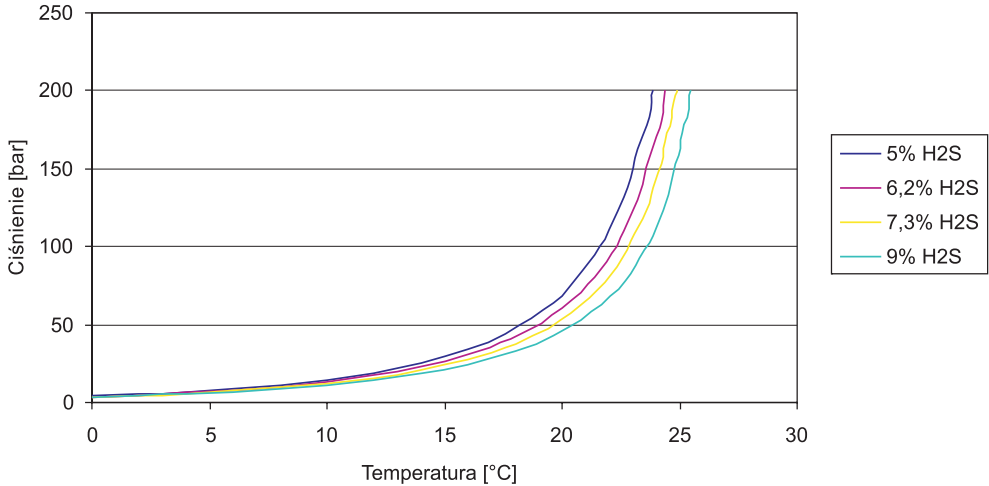
Tabela 3

Niekóre właściwości wybranych próbek ropy naftowej LMG

Oznaczenie	Jednostka	Sowia Góra-1	Lubiatów-7H	Lubiatów-4
Gęstość	g/cm ³	0,812	0,809	0,807
Zawartość Cl ⁻	mg/dm ³	17,7	0,8	n.s.
Lepkość	mPa·s	34,7	13,4	8,2
Parafina	% wag.	7,1	5,5	5,1
Asfalteny	% wag.	2,6	0,7	1,1
WAT	°C	29	26,4	25,4

n.s. – nie stwierdzono

Wzrost zawartości siarkowodoru w fazie gazowej przyspiesza powstawanie hydratów (rys. 2). Instalacje na ośrodkach grupowych mają mieć ciśnienie robocze w rurociągach transportowych w przedziale 8,55÷9,1 MPa. Odpowiadająca im temperatura tworzenia hydratów zawarta jest pomiędzy 20 a 25°C.



Rys. 2. Krzywe tworzenia się hydratów dla gazu z odwiertu Lubiatów 7 H dla teoretycznego założenia 5% H₂O wyznaczone dla różnej zawartości siarkowodoru

Zasolenie ropy (na podstawie oznaczeń z ekstraktów wodnych) jest niewielkie, choć w ropie Sowie Góra kilkunastokrotnie wyższe. Prawdopodobny skład soli w ropie przedstawiono w tabeli 4 stosunek jonów magnezu do wapnia jest podobny, natomiast stosunek sodu do potasu w próbkach jest bardzo zróżnicowany (2,1 i 12), co wymagałoby dalszych badań wyjaśniających.

Tabela 4
Prawdopodobny skład soli w ropie

Sól	Lubiatów-7H	Sowie Góra-1
	[mg/dm ³]	
CaCl ₂	0,092	7,737
MgCl ₂	0,014	1,359
KCl	0,289	0,858
NaCl	0,948	15,488
MgSO ₄	0,012	0,974
K ₂ SO ₄	0,244	0,598
Na ₂ SO ₄	0,827	11,125

Zawartość soli mieści się w granicach norm transportowych, obróbka ropy nie wymaga na tym etapie ich usuwania, ani stosowania demulgatorów. Mineralizacja soli w wodzie nie przekracza 200 g/dm^3 , a zatem nie stwarza zagrożenia wytrącania się soli, o ile płyny złożowe nie będą lokalnie przegrzewane.

Najcięższą z tych próbek (tab. 3) jest ropa z odwiertu Sowia Góra-1, co wynika zarówno z wartości gęstości i lepkości, jak i zawartości parafin i asfaltenów. Przeprowadzono również badania zmian lepkości w zależności od temperatury, wyznaczając charakterystyczną wartość dla ropy naftowej zwaną temperaturą początku wytrącania parafin (WAT). Jak z nich wynika poniżej 29°C ropa z odwiertu Sowia Góra-1, będzie generowała centra krystalizacyjne parafin w postaci fazy stałej. Temperatura płynięcia tej ropy wynosi $+1^\circ\text{C}$.

W tabeli 5 zamieszczono analizę destylacji badanych próbek ropy naftowej.

Tabela 5
Zestawienie danych z destylacji atmosferycznej próbek ropy

% destylatu	Lubiatów-7H	Sowia Góra-1
0,1	52,9	58,9
5	99,2	114,7
10	123,5	135,5
20	165,1	168,9
30	202,2	202,8
40	247,3	246,9
50	285,6	284,3
54	299,8	298,3

Analizy destylacji wskazują na różnice w objętości wycinków frakcji. O ile „matryca ropna” (cięższych składników ropy) jest tego samego pochodzenia, to więcej składników lekkich zanotowano w próbce z odwiertu 7H (dwukrotnie więcej niż w SG-1). Lekkie składniki podczas transportu w rurociągu oraz w punktowych podgrzewaczach na trasie na przemian destylują i kondensują działając „wytrącająco” na asfalteny. W takich wypadkach rzeczywista „rurociągową” temperatura powstawania konglomeratów parafinowo-asfaltenowych jest wyższa niż temperatura WAT. Olbrzymia objętość rurociągów (ponad 200 m^3) i początkowo niewielkie szybkości liniowe przepływu ropy (ok. $0,2 \text{ m/s}$) potęgują proces osadzania się wytrąceń zanieczyszczeń w rurach. Jak wykazały doświadczenia na KRNiGZ Dębno, przy szybkości liniowej przepływu ropy $0,18 \text{ m/s}$ występują realne zagrożenia przepływu i w sposób ciągły muszą dawkiwane być odpowiednie środki chemiczne (depresatory parafin).

Środki chemiczne należy stosować na złożu LMG w przypadku niedoskonałości w podgrzewaniu rurociągów i każdorazowo w przypadku zatrzymań pracy odwiertów lub ograniczeń wydobywania. Analiza ekonomiczna wskazuje, że w tych wypadkach stosowanie środków chemicznych jest konkurencyjne z ogrzewaniem elektrycznym.

LITERATURA

- [1] Pikulski L.: *Analiza paleogeograficzna utworów dolomitu głównego (Ca₂) w rejonie Lubiatów-Międzychód-Grotów w aspekcie poszukiwania złóż*. Nafta-Gaz, 9, 2004
- [2] Malaga M., Solarski T., Wolnowski T.: *Modelowanie geostatyczne dolomitu głównego w rejonie Międzychód-Sieraków*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Geopetrol”, Zakopane 2006
- [3] Biuletyn Zamówień Publicznych, nr 272 (projekt LMG) 2005
- [4] Jakubowicz K., Mamczur S., Krępulec P., Mundry S.: *Koncepcja zagospodarowania złóż Lubiatów-Międzychód-Grotów-Sowia Góra*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Geopetrol”, Zakopane 2004
- [5] Dziadkiewicz M., Jankowski K., Mularczyk A.: *Problemy udostępniania złóż węglowodorów otworami horyzontalnymi na Niżu Polskim*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Geopetrol”, Zakopane 2006
- [6] Radwan R., Wandzel J.: *Testy produkcyjne połączone ze wstępnym odsiarczaniem surowej ropy naftowej na złożu LGM*. Rocznik AGH Wiertnictwo Nafta Gaz, 23/1, 2006