

Maria Ciechanowska

*Institut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

## Niekonwencjonalne węglowodorowe źródła energii – gazohydraty

W artykule omówiono prace podejmowane w ostatnim okresie przez szereg krajów dla zlokalizowania złóż hydratów metanu, stanowiących źródło energii o zasobach prognostycznych wielokrotnie przewyższających wartości szacowane w przypadku złóż konwencjonalnych gazu ziemnego. Złoża hydratów występują w 98% na szelfach praktycznie wszystkich kontynentów, ale także w śródlądowych morzach i jeziorach czy pod pokrywą lodową stref podbiegunowych. Informacje o pozytywnych wynikach testu produkcyjnego, przeprowadzonego w 2013 r. przez japońską firmę JOGMEC, wzmogły intensywność tych poszukiwań, przy równoczesnym doskonaleniu techniki eksploatacji, tak aby były one bezpieczne, a wydobywanie ekonomicznie uzasadnione.

Słowa kluczowe: gazohydraty, niekonwencjonalne złoża węglowodorów.

### Unconventional hydrocarbon energy sources – gas hydrates

The article discusses the works undertaken recently by many countries aiming at finding deposits of methane hydrates which are a prognostic energy source exceeding several times the resources of conventional deposits of natural gas. Hydrate deposits occur in 98 per cent on the shelves of practically all continents, but also in inland seas and lakes, as well as under the ice caps of the polar zone. The news of positive results of production test carried out in 2013 by the Japanese company JOGMEC increased the intensity of exploration works and simultaneously contributed to improvements in production techniques so that they can be safe and the production economically substantiated.

Key words: gas hydrates, unconventional hydrocarbon resources.

### Wstęp

Do niekonwencjonalnych źródeł węglowodorów zalicza się m.in.: ciężką ropę, gaz/ropę z formacji łupkowych, jak i ze zwiezłych struktur, gaz pozyskiwany z węgla, a także metan z gazohidratów. W każdym z tych przypadków o istnieniu źródeł potencjalnej energii wiadomo już od dawna, o niektórych z nich – jak wskazują dane literaturowe – nawet od wieków, natomiast główną przeszkodę w ich wydobywaniu stanowił brak technologii eksploatacji spełniającej dwa warunki: by była bezpieczna i ekonomicznie opłacalna.

Mimo że rozwój techniki osiągnął niezwykle wysoki poziom, że codzienna – dostarczająca informacji już od dekad – penetracja przestrzeni kosmicznej jest już faktem, pomimo iż udało się zbudować Wielki Zderzacz Hadronów do obserwacji zachowań na poziomie cząstek atomu i osią-

gnąć dzięki niemu sukcesy naukowe, to nadal nie potrafimy sięgnąć po ogromną energię zawartą wewnątrz Ziemi. A jeśli nawet realizowane są wiercenia, to sięgają one maksymalnie „zaledwie” do kilkunastu kilometrów, bo taką największą głębokość w pionie zarejestrowano w otworach wiertniczych na świecie.

W najbliższym okresie, 10–20 lat, to właśnie technologie związane z eksploatacją niekonwencjonalnych źródeł energii zadecydują o pozycjach na listach rankingowych największych potęg energetycznych świata, o zmianach w układach politycznych, a wszystko to w myśl zasady: kto ma energię, ten ma władzę. Posiadanie i wydobywanie tych źródeł energii przyczyni się również do transformacji niektórych krajów z importerów – w producentów energii.

W niniejszym artykule zwrócono uwagę na zbliżające się istotne i nieuniknione decyzje zapadające w światowym przemyśle naftowym, które związane są z rozpoczęciem na skalę przemysłową eksploatacji hydratów metanu.

Nad rozwiązaniem problemu ich wydobycia od lat pracowało na całym świecie wiele zespołów złożonych z geologów, wiertników, eksploatorów, także przy udziale koncernów energetycznych.

Rozpoczęto szereg projektów badawczych, na których realizację takie państwa jak m.in. USA, Kanada, Japonia, Korea Południowa, Indie, Chiny, Brazylia, Chile, Australia, Nowa Zelandia czy Rosja przeznaczyły ogromne środki finansowe.

Prekursorami badań nad możliwością wydobycia hydratów metanu byli Amerykanie, niemniej to Japończycy (Japan Oil, Gas and Metals National Corp. – JOGMEC) jako pierwsi w świecie opublikowali w marcu 2013 r. komunikat o wydobyciu gazu z podmorskiego złoża hydratów metanu, znajdującego się w pobliżu wyspy Honsiu [8, 9]. Zasoby perspektywiczne w tej lokalizacji ocenione zostały na poziomie

1,1 bln m<sup>3</sup>. Należy nadmienić, że podobnych złóż podmorskich w rejonie Morza Japońskiego jest znacznie więcej.

Firma JOGMEC wykonała test produkcyjny na jednym z odwiertów ww. złoża potwierdzający możliwość uzyskania przemysłowych ilości gazu. Test ten trwał sześć dni, przy łącznej produkcji 120 tys. m<sup>3</sup> gazu. Zanotowano spadek ciśnienia dennego z 13,5 MPa do 4,5 MPa. Celem testu było potwierdzenie wydajności otworu, ocena ciśnienia złożowego oraz weryfikacja jakości gazu. Eksploatację złoża planuje się rozpocząć w 2018 r. W ten sposób Japonia, będąca dotychczas importerem gazu ziemnego, stanie się najprawdopodobniej jego producentem [8].

Przewiduje się także, że wdrożenie technologii eksploatacji gazohydratów będzie stanowić zdecydowanie większy przełom w energetyce niż opracowanie przez Stany Zjednoczone technologii pozyskiwania gazu z formacji łupkowych. Powodem jest fakt, że zasoby perspektywiczne hydratów metanu wielokrotnie przewyższają wartości szacowane w przypadku złóż konwencjonalnych gazu ziemnego.

### Hydraty metanu

Trzeba zaznaczyć, iż stosując nazwę „hydraty metanu” dokonuje się pewnego uproszczenia. Właściwie powinno się mówić o gazohydratach czy też hydratách gazu ziemnego, bo w otwartych sieciowych strukturach krystalicznych zbudowanych z cząstek wody, oprócz metanu, stanowiącego główny składnik gazu ziemnego, mogą występować także: etan, propan, izobutan, azot, ditlenek węgla czy siarkowodór. Jednak hydrat metanu występuje w przyrodzie najczęściej i najliczniej.

Struktury te są stabilne w przyrodzie w określonych warunkach termodynamicznych. Naruszenie choć jednego z nich powoduje rozpad sieciowej struktury krystalicznej i uwalnianie się gazu.

W przypadku hydratów metanu temperatura niezbędna do

ich tworzenia wynosi od 3°C do 6°C, zaś ciśnienie – około 50 barów, co odpowiada ciśnieniu panującemu na głębokości około 500 m [3]. Dla pozostałych składników gazu ziemnego warunki te nieco się różnią.

W tablicy 1 przedstawiono udokumentowane i progностyczne zasoby ropy naftowej i gazu ziemnego, by na tym tle podkreślić wielkość złóż gazohydratów.

Departament Energii USA szacuje zasoby gazohydratów na 20 tys. bln m<sup>3</sup>, przy czym z 1 m<sup>3</sup> hydratów metanu można pozyskać około 160 m<sup>3</sup> gazu. Przy założeniu współczynnika szczyrpania złoża na poziomie 1% wydobycie gazu z hydratów byłoby większe niż łączne ww. zasoby – udokumentowane i progностyczne – gazu ze złóż konwencjonalnych i niekonwencjonalnych.

Tablica 1. Udokumentowane i progностyczne zasoby ropy naftowej i gazu ziemnego

Typ złóż	Zasoby udokumentowane	Zasoby progностyczne	Zasoby udokumentowane	Zasoby progностyczne
	ropa naftowa [baryłki]		gaz ziemny [m <sup>3</sup> ]	
Konwencjonalne	1,3 bln	2,7 bln	200 bln	400 bln
Niekonwencjonalne	0,4 bln	3,2 bln	brak danych	240 bln bez uwzględnienia gazu z hydratów

Zestawienie na podstawie danych Międzynarodowej Agencji Energii, Nafta-Gaz 2013, nr 7, s. 579.

### Występowanie hydratów metanu

Ocenia się, że 98% odkrytych złóż gazohydratów zalega pod dnem oceanów, wzdłuż krawędzi szelfów kontynental-

nych oraz na zboczach i u podnóża praktycznie wszystkich kontynentów, również na równi abisalnej.

Pokłady te występują pod pokrywą lodową zarówno Arktyki, jak i Antarktydy oraz na lądzie pod warstwą wiecznej zmarzliny (np. na obszarze Syberii czy Alaski). Ich obecność została potwierdzona także pod dnem śródlądowych mórz i jezior, m.in. Morza Czarnego, Kaspijskiego, Śródziemnego czy jeziora Bajkał.

Złoża hydratów gazu ziemnego występują na obszarach bogatych w metan, przy zachowaniu określonych ciśnień i temperatury na danej głębokości zalegania złoża. Są one dużo bardziej rozległe od złóż konwencjonalnych, ich obecność nie zależy od długości i szerokości geograficznej ani od panującego klimatu.

Hydraty metanu występują pod różnymi postaciami:

- albo stanowią wypełnienie przestrzeni porowej skały zbiornikowej, którą najczęściej są drobnziarniste piaskowce o wysokiej porowatości i przepuszczalności;
- albo występują pod postacią stożków na dnie oceanów, zbudowanych z osadów piasku i mułu, z wbudowanymi strukturami hydratowymi, przy czym kwestia: jak głęboko stożki te sięgają lub czy jest to tylko zjawisko powierzchniowe – obecnie pozostaje nierozstrzygnięta;

być może ich istnienie ma związek z głębiej zalegającymi warstwami nasyconymi gazem;

- lub też tworzą rozsiane skupiska, albo nawet rozległe warstwy, na powierzchni dna oceanu o budowie jw.

W przypadku poszukiwań węglowodorów największe znaczenie ma pierwsza forma występowania gazohidratów.

W ostatnich latach zwrócono szczególną uwagę na złoża hydratów metanu zalegające pod pokrywą lodową w regionie Oceanu Arktycznego [1], co łączyło się poniekąd z procesem ocieplania się klimatu, a w konsekwencji – z topnieniem tej pokrywy. Takie zjawisko stwarza niebezpieczeństwo destabilizacji tych złóż i uwalniania się gazu do atmosfery.

Dużą uwagę przykładają się również do badań stabilności formacji hydratowych, które występując na skłonach kontynentalnych, stwarzają możliwość powstania podoceanicznych osuwisk i w związku z tym – lawinowych reakcji trudnych do wyobrażenia, których efektem może być m.in. powstanie potężnych fal tsunami lub naruszenie stateczności zboczy szelfów kontynentalnych w wyniku ruchów masowych, takich jak osuwiska czy zsuwy.

## Metody eksploatacji hydratów metanu

Informacje na temat metod eksploatacji gazohidratów są niezwykle skąpe, co wiąże się poniekąd z ochroną praw własności patentowej. Obecnie wyróżnia się kilka metod wydobywczych; są to m.in.:

- zatłaczanie CO<sub>2</sub> do złoża hydratu, w miejsce uwalnianego metanu;
- termiczne oddziaływanie na złożę poprzez wtłaczanie gorącej pary do otworu;
- zastosowanie mikrofal o określonej częstotliwości dla podgrzania hydratu do temperatury przewyższają-

cej warunki inicjacji zjawiska powstawania hydratów (3÷6°C);

- kontrolowane ogrzewanie złoża poprzez spalanie około 10% metanu przy ograniczonym dopływie tlenu.

Chociaż kilka państw ogłosiło, że posiada własne technologie wydobywania metanu z hydratów, to główną przeszkodą w ich wykorzystaniu na skalę przemysłową jest rachunek ekonomiczny przedsięwzięcia. Ostatecznie to właśnie ekonomia zadecyduje o wyborze technologii, by eksploatację uczynić najbardziej opłacalną.

## Prace poszukiwawcze i badawcze dotyczące hydratów metanu

W ostatnim okresie pojawił się szereg raportów i artykułów odnoszących się do prac związanych z hydratami metanu prowadzonych przez różne kraje i międzynarodowe konsorcja naukowe, m.in.:

- Amerykański Departament Energii zainicjował w 2014 r., w ramach Methane Hydrate Programme, siedem nowych projektów badawczych, z których cztery mają ocenić wpływ hydratów metanu na zmianę klimatu, dwa związane są z rozwojem numerycznych narzędzi do modelowania i symulacji eksploatacji z formacji hydratowych, zaś celem jednego projektu jest zaprojektowanie i wykonanie prototypu urządzenia do pobierania w czasie wiercenia rdzenia i jego badanie w warunkach *in situ* [6].

- Ekspedycja chińska na Morzu Południowochińskim, którą zorganizowano w 2013 r., odwierciła 13 otworów, by zlokalizować i ocenić zawartość podmorskich formacji hydratowych pod dnem morza, na głębokości około 200 m. Uzyskane wyniki interpretacji danych geofizycznych i laboratoryjnych potwierdzają wysoki potencjał gazowy badanego obszaru [2].
- Korea Południowa rozpoczęła w 2005 r. 10-letni program badawczy, którego celem jest identyfikacja gazohidratowych źródeł energii zapewniających bezpieczeństwo energetyczne kraju. Na Morzu Japońskim, u wybrzeży Korei Południowej, w Ulleung Basin, wykonano pomiary sejsmiczne 2D i 3D, odwiercono 20 otworów i pobrano do

- analiz próbek hydratów. W 2015 r. planuje się wykonanie testu produkcyjnego [7].
- W ramach jednego z programów nadzorowanych przez Departament Energii USA przebadano 567 basenów morskich, z których 256 posiadało cechy sprzyjające stabilizacji hydratów metanu. Na 197 takich złóż 14 zlokalizowanych było w piaszczystych osadach i wykazywało dobry potencjał akumulacyjny [6].

### Hydraty metanu zagrożeniem dla przesyłu ropy i gazu

Hydraty metanu powstają nie tylko w postaci struktur geologicznych, ale często stanowią problem podczas przesyłu ropy naftowej i gazu ziemnego, utrudniając przepływ tych mediów, a w skrajnych sytuacjach uniemożliwiając go. Zjawisko to zaobserwowano w dużej skali w rurociągach naftowych przebiegających przez niskotemperaturowe obszary Arktyki, ale także w przypadku gazociągów, stanowiących środowisko sprzyjające powstawaniu takich struktur. Wysokie ciśnienie i niska temperatura tworzą bowiem warunki do inicjacji zjawiska powstawania hydratów. Dlatego przemysł naftowy i gazowniczy stosuje różnego rodzaju dodatki do udrażniania zatrzaskanych przez korki hydratowe rurociągów, ale przede wszystkim – do zapobiegania tworzeniu się hydratów [4, 5]. Najbardziej popularnymi dodatkami są: metanol, etanol, glikol – tzw. inhibitory termodynamiczne. Wykorzystuje się także inhibitory kinetyczne, takie jak polimery obniżające temperaturę tworzenia się hydratów na pewien czas o kilka

Powyższe informacje wskazują, że proces poszukiwań hydratów metanu jest bardzo intensywny, a czas, który minął od 1998 r. – gdy odwiercony został przez USA, Kanadę i Japonię pierwszy otwór w formacji hydratowej na lądzie, na głębokości około 600 m pod warstwą wiecznej zmarzliny (w dorzeczu rzeki Mackenzie w północnej Kanadzie) – wykorzystano na doskonalenie technologii wydobycia oraz na badania właściwości struktur hydratowych.

stopni, czy dodanie substancji dyspergującej (np.  $\text{NH}_4\text{Br}$ ), przeciwdziałającej gromadzeniu się kryształków hydratu. W gazownictwie proces zapobiegania powstawaniu hydratów, których nagromadzenie może prowadzić do spadku ciśnienia w systemie, regulowany jest przede wszystkim poprzez osuszanie gazu wprowadzanego do systemu przesyłowego, utrzymywanie ciśnienia gazu powyżej, a temperatury poniżej progu powstawania hydratów oraz stosowanie ww. inhibitorów – albo poprzez dodatki.

Opracowano wieloskładnikowe modele równowagi fazowej dla systemów przesyłowych, przy wykorzystaniu zasad termodynamiki. Modele te umożliwiają ocenę ryzyka tworzenia się hydratów w określonych ciśnieniach, temperaturze i jakości gazu, przy obecności w gazociągu wieloskładnikowego medium (gaz, woda, dodatki...). Wyniki takich modelowań pozwalają na dobranie odpowiednich środków uniemożliwiających lub ograniczających proces formowania się hydratów.

### Podsumowanie

Analizując przebieg przedsięwzięć związanych z poszukiwaniem w świecie złóż hydratów metanu oraz powiązanych z rozwojem technologii ich eksploatacji, można przewidzieć,

że ten rodzaj niekonwencjonalnych złóż węglowodorów odegra w niedalekiej przyszłości znaczącą rolę w pozyskaniu energii. Warto zatem śledzić przebieg tych wydarzeń.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2014, nr 10, s. 724–727

### Literatura

- [1] Ciechanowska M.: *Potencjał węglowodorowy Arktyki*. Nafta-Gaz 2012, nr 12, s. 1176–1182.
- [2] Guangxue Z., Shengxiong Y., Ming Z., Jinqiang L., Jingan L., Holland M., Schultheiss P.: *GMGS2 Expedition Investigates Rich and Complex Gas Hydrate Environment in the South China Sea*. Fire in the Ice 2014, vol. 14, issue 1.
- [3] [http://eko.org.pl/index\\_trendy.php?dzial=](http://eko.org.pl/index_trendy.php?dzial=) (dostęp: 02.08.2014).
- [4] Jabłonska M.: *Hydraty metanu źródłem zanieczyszczenia atmosfery i środowiska*. Nafta-Gaz 2010, nr 3, s. 203–210.
- [5] Lorenc H.: *Hydraty w transporcie gazu*. Rurociągi 2007, nr 1/47, s. 3–11.
- [6] Lubas J.: *Doswiadczalno-teoretyczne studium zjawiska powstawania i dysocjacji hydratow gazu ziemnego*. Prace IGNiG 2002, nr 117.
- [7] Reichel T., Gallagher J. W.: *A Global Review of Gas Hydrate Resource Potential*. Fire in the Ice 2014, vol. 14, issue 2.
- [8] Ryu B. J., Yoo D. G., Kong N. K., Kim G. Y., Bahk J. J., Lee J. Y.: *In-place Gas Hydrate Resources in the Ulleung Basin, East Sea of Korea*. Fire in the Ice 2014, vol. 14, issue 1.
- [9] Sokolowski W.: *Hydraty gazowe – paliwo przyszłości coraz bliżej*. 18.03.2013, <http://www.forum-ekonomiczne.pl/article/hydraty-gazowe-paliwo-przyszlosci-coraz-blizej/> (dostęp: 02.08.2014).



Prof. nzw. dr hab. inż. Maria CIECHANOWSKA  
Dyrektor Naczelny Instytutu Nafty i Gazu –  
Państwowego Instytutu Badawczego  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków  
E-mail: [ciechanowska@inig.pl](mailto:ciechanowska@inig.pl)