

Magdalena Monika Jabłońska

Instytut Paliw i Energii Odnawialnej, Warszawa

Hydraty metanu źródłem zanieczyszczenia atmosfery i środowiska

Wstęp

Głównymi źródłami energii użytkowanych przez społeczeństwa są paliwa kopalne: węgiel kamienny, węgiel brunatny ropy naftowa i gaz ziemny. Przewidując dalsze zwiększenie potrzeb ludzkości w zakresie energii oraz wzrost cen ropy naftowej, poszukuje się alternatywnych

rozwiązań. Jednym z tych źródeł mogą być hydraty metanu. Stanowią one wielokrotnie większe zasoby pierwiastkowego węgla niż światowe złoża ropy, gazu ziemnego oraz węgla kamiennego i brunatnego – potraktowane łącznie, jednak mogą też być przyczyną zanieczyszczenia środowiska.

Co to za związek?

Spośród składników gazu ziemnego, hydraty są tworzone przez węglowodory: metan, etan, propan, izobutan, a także przez: azot, ditlenek węgla oraz siarkowodór. Według Molendy [7], hydraty są to „połączenia węglowodorów z cząsteczkami wody, występujące w postaci krystalicznej w przyrodzie lub wytrącające się w określonych warunkach temperatury i ciśnienia w gazociągach lub instalacjach przeróbki gazu”.

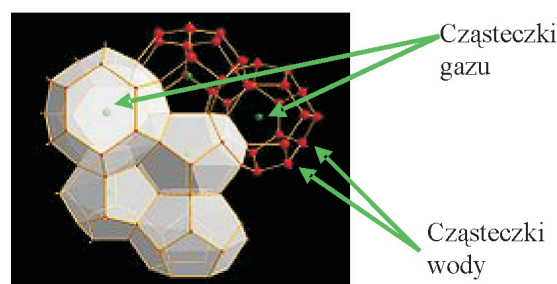
Hydrat metanu określa się jako metan zamknięty w klatkach, zbudowanych z cząsteczek wody. Należą one do grupy hydratów gazów. Są to związki o wzorze sumarycznym $\text{CH}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$.

Hydraty mogą przybrać postać jednej z dwóch struktur sieci krystalicznej [7]:

- typ I – sieć krystaliczna zbudowana z 46 cząsteczek wody. We wnętrzu struktury znajduje się sześć porów większych ($d = 0,59 \text{ nm}$) i dwa pory mniejsze ($d = 0,52 \text{ nm}$),
- typ II – sieć krystaliczna składająca się ze 136 cząsteczek wody i zawierająca 24 pory.

Czyste hydraty metanu prezentują strukturę typu I. W przyrodzie występuje także, choć bardzo rzadko, typ III

struktury. W niej to, poza metanem, do przestrzeni (klatki) wchodzi dodatkowo inne węglowodory, takie jak np. *n*-pentan. Na rysunku 1 przedstawiono strukturę krystaliczną hydratu metanu.



Rys. 1. Hydrat metanu – struktura krystaliczna typu I
(źródło: www.wikipedia.pl)

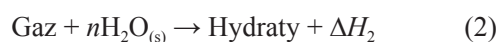
Na powyższym rysunku można zauważyć, że struktura krystaliczna hydratu metanu składa się z dwóch głównych elementów:

- szkieletu krystalicznego, tworzonego przez cząsteczki wody,
- cząsteczek metanu.

Powstawanie hydratu metanu

Pomiędzy atomami węglowodorów i atomami wody nie występują silne wiązania chemiczne, dlatego hydraty można traktować jako roztwory gazów rozpuszczonych w krystalicznym ciele stałym.

Procesom tworzenia się hydratów, w tym hydratów metanu, towarzyszy wydzielanie ciepła. Reakcja ma charakter egzotermiczny. Zjawisko to występuje na powierzchni kontaktu gaz-woda. Ogólny zapis reakcji tworzenia się hydratów jest przedstawiany następującymi reakcjami [6]:



gdzie:

n – liczba hydratacji (liczba cząsteczek wody w postaci ciekłej (c) lub lodu (s), przypadająca na jedną cząsteczkę gazu tworzącego hydrat),

ΔH – entalpia molowa tworzenia hydratów (o wartości ujemnej).

Szczególnym przypadkiem jest reakcja powstania hydratu metanu:



W wyniku reakcji (1) powstaje ciekły hydrat gazu, podczas gdy z reakcji (2) hydrat gazu tworzy się w stanie stałym; analogicznie jak jest to w przypadku reakcji (3), w której utworzony hydrat metanu także jest ciałem stałym (z wyglądu przypominającym lód). Proces rozkładu

hydratów jest endotermiczny (entalpia molowa reakcji ma wartość dodatnią).

Spoiwem, który stanowi istotę powstania takiego związku, są wiązania wodorowe pomiędzy cząsteczkami wody i sił van der Waalsa – między cząsteczkami wody a cząsteczkami metanu. Wpływa to na stabilizację struktury krystalicznej hydratu. Warunkiem koniecznym do zajścia tego zjawiska jest odpowiednia temperatura i ciśnienie. W temperaturze kilku stopni Celsjusza i pod ciśnieniem około 50 bar, panującym w oceanie na głębokości około 500 metrów, metan z wodą formują bezbarwne, szkliste bryły, z wyglądu przypominające lód. Według danych literaturowych [6], parametrem przyczyniającym się do powstawania hydratów metanu, poza ciśnieniem i temperaturą, jest tzw. temperatura przechłodzenia. Średnia jej wartość podczas zjawiska tworzenia hydratów metanu wynosi od 3°C do 6°C.

Hydraty tworzą się w odwiertach wydobywczych gazu ziemnego. Ma to związek z względnie niską temperaturą na głowicy wiertła i powolnym nagrzewaniu się jego konstrukcji. Zjawisko tworzenia się hydratów może mieć miejsce zarówno na ścianie rury, jak i w strumieniu gazu. Proces zachodzi bardzo szybko i już po 5–10 godzinach eksploatacji złoża gazu ziemnego może powstać znaczna ilość hydratów.

Podsumowując, hydraty metanu, w tym i innych składników gazu ziemnego, tworzą się łatwo w niskowydajnych, wysokociśnieniowych odwiertach gazowych. Tym niemniej spotyka się przypadki występowania hydratów, także w odwiertach ropnych, które mogą powodować zablokowanie przepływu ropy.

Właściwości hydratu metanu

Hydraty metanu to bezbarwne, bezwonne związki chemiczne, występujące w stanie stałym. W przyrodzie hydraty mają postać tzw. uwodnionego gazu [8] lub przypominają

lód, ale – w przeciwieństwie do lodu – występują raczej w układzie regularnym niż heksagonalnym. Różnice widać również na przykładzie przewodności cieplnej.

Tablica 1. Wybrane właściwości hydratu metanu

Wzór sumaryczny	Struktura	Skład chemiczny	Barwa	Zapach	Przewodność cieplna [W/mK]	Gęstość ¹⁾ [kg/m ³]	Palność
CH ₄ × 6H ₂ O	Klatrat	– Metan – Woda – Siarkowodór – Etan – Amoniak	Biała	Bezwonny	ok. 0,5	900	Spala się czerwonym płomieniem

¹⁾ Gęstość zależy od struktury hydratu, którą można wyliczyć w przybliżeniu, stosując odpowiednie równania empiryczne.

Przewodność cieplna lodu (około 2,3 W/mK) jest około pięć razy większa od przewodności cieplnej hydratu metanu. Jak już wspomniano, związek ten tworzy metan i woda. Przeważającym składnikiem jest woda, stanowiąca 83% składu. Zawartość metanu wynosi 12%. Obok metanu, w hydracie występują – w niewielkich ilościach – takie związki jak: siarkowodór (od 1% do 2%), etan oraz amoniak. Hydraty metanu są stabilne tylko w wąskim zakresie ciśnienia i temperatury. War-

tościami optymalnymi jest temperatura niższa niż 193 K oraz ciśnienie atmosferyczne (1013,25 hPa). Redukcja ciśnienia o kilkaset Pascali lub wzrost temperatury o kilka Kelvinów prowadzi do ich spontanicznego rozkładu. Hydraty metanu są łatwopalne. Na powietrzu palą się czerwonym płomieniem, a produktami spalania są woda i ditlenek węgla. Ponadto, charakteryzują się wysoką odpornością na deformacje, co czyni je jednymi z najtwardszych substancji.

Hydraty metanu zagrożeniem dla środowiska

Złoża hydratów gazu ziemnego, w tym hydratów metanu, mogą powodować pewne niekorzystne implikacje dla środowiska naturalnego.

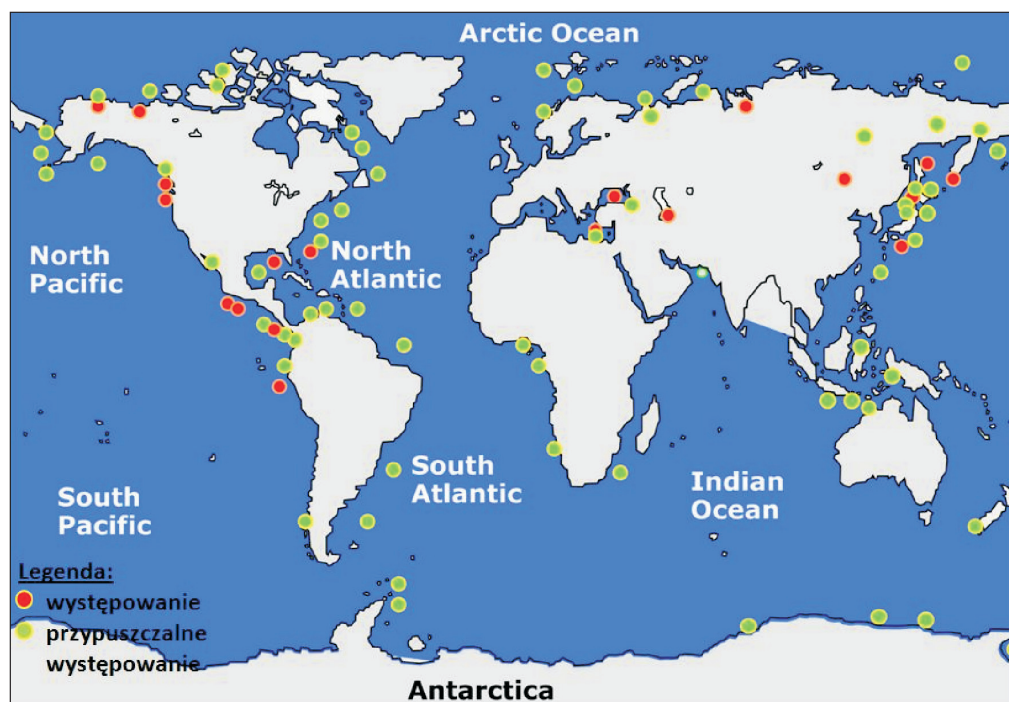
Po raz pierwszy z problemem zetknięto się, gdy zaczęto eksploatować alaskański rurociąg naftowy. Uwagę zwrócono na utrudniony przepływ ropy i gazu. Było to spowodowane przez białą, gąbczastą substancję, która powstała na skutek reakcji wody i rozpuszczonego w ropie metanu. Reakcja zachodziła pod wpływem wysokiego ciśnienia (wewnątrz rurociągu) i niskiej temperatury, typowej dla klimatu Alaski. W 1980 roku na powierzchnię z dna oceanu wydobyto pierwszą grudkę hydratu metanu. Ocenia się [3], że złoża hydratu metanu zawierają około 15 mld ton metanu, tj. więcej związanego węgla niż złoża gazu ziemnego, ropy naftowej i węgla kamiennego – razem wzięte. Złoża hydratów metanu wykrywa się zazwyczaj metodą sejsmiki refleksyjnej BSR (*Bottom Simulating Reflection*), pozwalającą na uzyskanie obrazu struktur geologicznych dzięki analizie odbić fali sejsmicznej [2]. Obraz złoża powstaje na podstawie analizy odbić fal sejsmicznych od pęcherzyków gazowych metanu, uwięzionego w sieci krystalicznej.

Hydraty metanu występują na obszarach bogatych w metan. Załączona na rysunku 2 mapka obrazuje dotychczas potwierdzone, przewidywane i potencjalne duże złoża hydratów na świecie.

Aby mogły one tam powstać, muszą być spełnione jednocześnie cztery warunki:

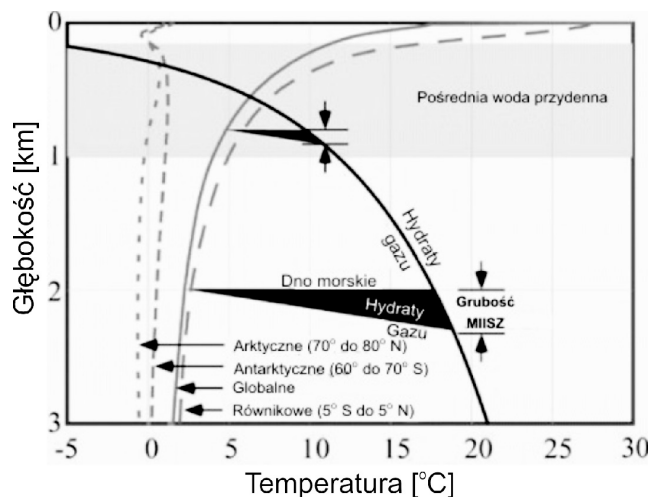
- obecność metanu,
- przesylenie wody metanem,
- temperatura wody na poziomie kilku stopni Celsjusza,
- wysokie ciśnienie, panujące na głębokości poniżej 500 m.

Już na głębokości 400 metrów istnieją warunki do tworzenia się hydratu metanu – chociażby stała temperatura, wynosząca około 4°C. W tych warunkach, prawie we wszystkich oceanach znajdować się może kilkusetmetrowa warstwa hydratu metanu. Są to przede wszystkim duże obszary wiecznej zmarzliny Arktyki i Antarktydy oraz głębie oceanów, gdzie duże ciśnienie warstw wodnych działa na hydraty stabilizująco. W przypadku, gdy temperatura wzrośnie lub ciśnienie zmaleje



Rys. 2. Zasoby hydratu metanu na świecie (źródło: <http://unit.aist.go.jp>)

(albo oba zjawiska wystąpią łącznie), hydrat rozkłada się – wydzielając wodę i metan w formie gazu, który uchodzi do atmosfery. Rysunek 3 przedstawia warunki stabilności hydratów metanu, w zależności od głębokości wody w stosunku do temperatury.



Rys. 3. Obszary stabilności pokładów hydratów metanu (źródło: <http://ziemianarozdrozu.pl>)

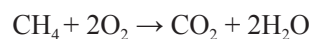
„Cztery, biegnące od górnej do dolnej krawędzi krzywe pokazują zależność temperatury od głębokości dla różnych szerokości geograficznych. Uwagę zwracają niskie temperatury na małych głębokościach, w rejonach polarnych. Gruby, czarny łuk, biegnący od lewego górnego rogu w dół, to granica stabilności hydratów metanu – są one stabilne z lewej strony krzywej (...).” Granice stabilności hydratu maleją w kierunku wierzchniej warstwy dna oceanicznego. „(...) Przykładowe obszary stabilności hydratów metanu pokazują czarne trójkąty. Począwszy od dna oceanicznego w głąb ziemi, temperatura wzrasta, aż osiąga poziom, za którym metan nie może już istnieć w postaci hydratów (choć może istnieć w formie gazowej). Niskie temperatury w rejonach biegunowych zapewniają możliwość istnienia złóż hydratów nawet na niewielkich głębokościach” [4].

Destabilizacja złóż hydratów metanu może nastąpić na skutek ruchów skorupy ziemskiej, a także nierozważnego i nieumiejętnego wydobywania tego surowca dla potrzeb energetycznych.

W przypadku odrywania się pojedynczych klatratów i powolnego rozkładu hydratów metanu, przyroda daje sobie z nimi radę. Uwalniany metan jest wychwytywany w wodzie albo spalany lub rozkładany w atmosferze, wskutek wysokiej zawartości tlenu w powietrzu. W sytuacji gwałtownego uwolnienia się i rozkładu hydratów mogą wystąpić takie zjawiska jak:

► **Zatrucie siarkowodorem**

Złoża hydratu metanu destabilizują się wraz ze wzrostem temperatury. Początkowo, wydzielający się metan trafia do oceanu. Uwalniający się metan zaczyna pobierać tlen z wody, według reakcji:



W utlenianiu metanu uczestniczą bakterie, wykorzystujące metan jako źródło energii. Pochłaniają one 90% metanu, który wyzwała się z pokładów hydratów. Nasilenie się emisji metanu z dna oceanicznego oznacza odtlenianie głębin oceanicznych, co z kolei będzie sprzyjać rozwojowi bakterii siarkowych i prowadzić do odtworzenia warunków charakterystycznych dla powyższych zdarzeń. W rezultacie, może to doprowadzić do powstania dużych ilości siarkowodoru – co w konsekwencji przyczyni się do lokalnego wymarcia większości fauny morskiej.

► **Przyspieszony wzrost temperatury, wraz z poważnymi implikacjami klimatycznymi**

Kiedy proces wydzielania metanu zacznie się nasilać, zmniejszenie ciśnienia gazu w złożu może spowodować jego gwałtowną destabilizację. W takiej sytuacji metan nie mógłby być wychwytywany w wodzie, lecz dotarłby do atmosfery. Uwalniający się z wody morskiej metan pozostaje w atmosferze przeciętnie 10 lat. W wyniku utleniania, ulega przemianie w tlenek węgla(IV), przyczyniając się tym samym do intensyfikacji efektu cieplarnianego. Przypuszcza się, że globalne ocieplenie klimatu ziemskiego, spowodowane zanieczyszczeniami atmosfery, może wywoływać samoistny rozkład hydratów metanu występujących w złożach. Stwarza to niebezpieczeństwo zaistnienia silnego sprzężenia zwrotnego, o kierunku dodatnim, wpływającego na ocieplanie się klimatu. Wzrost temperatury atmosfery oraz mórz i oceanów ponad pewien poziom (próg) może spowodować nagłą, lawinową dehydratyzację złóż. Uwolniony do atmosfery metan spowoduje jeszcze większe ocieplenie klimatu, które uwolni większą ilość metanu. Gwałtowny rozkład dużych ilości hydratów metanu może spowodować ogromne fale tsunami. Według Wysokińskiego i Dakowskiego [1], około 8000 lat temu 5600 km² brzegu Norwegii osunęło się do morza, przypuszczalnie z powodu destabilizacji hydratu metanu, cementującego przybrzeżne dno.

► **Wybuchy i pożary**

Metan jest lżejszy od powietrza, jednak wymieszany z kroplami wody ma większą gęstość i gromadzi się przy powierzchni morza. Ponieważ metan jest gazem łatwo-

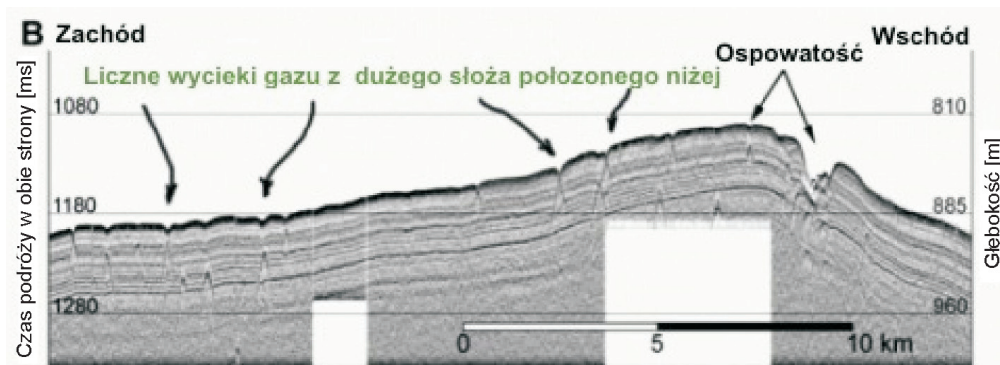
palnym, wystarczyłby piorun lub inne źródło ognia aby doszło do eksplozji. Po wymieszaniu z powietrzem, przy stężeniu 5–15%, metan tworzy mieszaninę wybuchową (podobnie, jak w bombie paliwowo-powietrznej). Ocenia się, że zapłon wyzwolonych, znacznych ilości metanu wyzwoliłby energię równą eksplozji o mocy 100 gigaton, czyli 1000 razy większej od największych bomb wodorowych (o mocy 100 megaton) – tyle, że bez opadu promieniotwórczego.

► Przesunięcia się mas skalnych skorupy ziemskiej

Na skutek wzrostu temperatury przy dnie oceanicznym, np. wywołanej erupcjami wulkanicznymi, złoża hydratu metanu zaczynają się ogrzewać w dość szybkim tempie. Przyspieszają one penetrację temperatury w głąb

złoża, ułatwiając też ulatnianie się metanu. Powoduje to powstawanie pęknięć i szczelin, a w konsekwencji może doprowadzić do przemieszczania mas skalnych skorupy ziemskiej, skutkując osunięciami wielu obszarów lądowych. Proces ten przedstawiono na rysunku 4.

W wyniku oberwania się ogromnego nawisu skał osadowych z hydratami, z podmorskiego, stromego pobocza, może dojść do powstania fal tsunami. Przykładem może być katastrofa, która miała miejsce około 8000 lat temu między Islandią a Norwegią. „*Obsunięcie się warstwy osadowej z hydratami metanu nastąpiło wzdłuż podmorskiej, pionowej skały, na długości około 300 km, a objętość obsuniętych osadów wynosiła prawdopodobnie aż 3000 km³ – co wywołało tsunami, którego skutki są do dziś widoczne na obrzeżach północnej Anglii*”.



Rys. 4. Pęknięcia w dnie oceanicznym w obszarze złóż hydratów (źródło: <http://ziemianarozdrozu.pl>)

Przeciwdziałanie powstawaniu i rozkładowi hydratów metanu

Zwalczanie powstających hydratów metanu i ich rozkład w odwiertach można sprowadzić do rozwiązania dwóch zagadnień:

- przeciwdziałanie tworzeniu się hydratów w odwiertach i urządzeniach napowierzchniowych,
- zapobieganie rozkładowi hydratów metanu, poprzez ograniczenie wzrostu temperatury na Ziemi wywołanego gazami cieplarnianymi, innymi niż metan.

Rozwiązanie pierwszego zadania ma duże znaczenie dla praktyki przemysłowej. Ponieważ jednym z czynników potęgujących proces tworzenia się hydratów jest zmienny wydatek gazu z odwiertów, rozwiązaniem może być określenie optymalnego przepływu gazu przez rury wydobywcze.

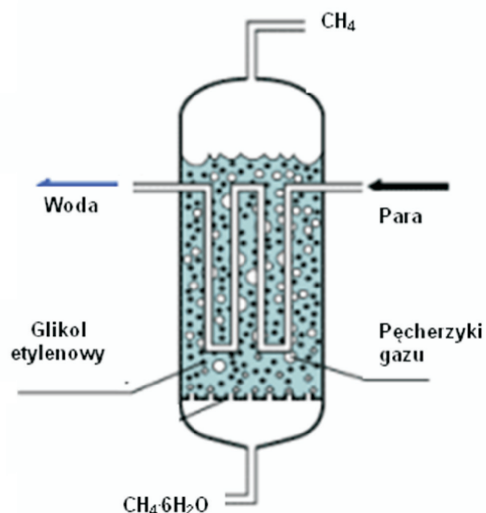
Innym sposobem radzenia sobie ze zjawiskiem tworzenia się hydratów, w tym hydratów metanu, może być minimalizacja strat cieplnych. Według Lubasia [6], można to osiągnąć poprzez zastosowanie poduszki azotowej, wypełniającej przestrzeń pierścieniową odwiertu. Można również do tej przestrzeni wprowadzić piankę krzemo-

wą, co pozwoli uzyskać współczynnik przewodnictwa cieplnego wynoszący 0,026 W/m deg. Inną metodą, którą proponuje Lubaś, jest zastosowanie rur wydobywczych izolowanych fabrycznie. Metody te ograniczają straty ciepłe, a w efekcie zapobiegają wyjściu poza obszar tworzenia się hydratów.

Kolejnym sposobem przeciwdziałania powstawaniu hydratów może być zastosowanie inhibitorów hydratacji. Strategia ta polega na wprowadzeniu środków chemicznych do strumienia gazu, które – rozpuszczając się w fazie wodnej – mogą, w zależności od zastosowanego rodzaju inhibitora: ograniczyć temperaturę powstawania hydratów, spowolnić i zahamować proces tworzenia się hydratów lub przeciwdziałać ich skupieniu. Lubaś [6] i Lorenc dzielą inhibitory na trzy główne grupy:

- inhibitory termodynamiczne (np. metanol, etanol, glikol etylenowy itd.),
- inhibitory kinetyczne,
- inhibitory dyspersyjne.

Przykładem praktycznie stosowanego inhibitora hydratacji jest dipropanol-1,2 (glikol etylenowy). Na rysunku 5 przedstawiono schemat reaktora służącego do usuwania pozostałości hydratu metanu z gazu ziemnego, przy zastosowaniu inhibitora glikolu etylenowego.



Rys. 5. Reaktor do usuwania resztek hydratu metanu z gazu ziemnego (źródło: <http://www.jfe-holdings.co.jp>)

Na fotografii 1 przedstawiono instalację takiego reaktora – glikol powoduje obniżenie temperatury tworzenia hydratów metanu. Reaktor działa na zasadzie zmiany potencjału fazy wodnej i hydratowej. Stosuje się go między innymi podczas wydobywania gazu z Morza Północnego, u wybrzeży Norwegii, co ilustruje fotografia 2, na której przedstawiono przemysłową instalację do uwalniania metanu z hydratów.

Szczególnie rozwiązanie drugiego zagadnienia ma istotne znaczenie z punktu widzenia ochrony środowiska. Ograniczenie emisji metanu uwalnianego z hydratów do atmosfery może przyczynić się do zmniejszenia ocieplenia klimatu, a w efekcie tego – do utrudnienia w dysocjacji hydratów metanu z mórz.

Rozpatrując ten aspekt należy również uwzględnić inne czynniki wpływające na wzrost temperatury na powierzchni Ziemi, a mianowicie emisje takich gazów cieplarnianych jak: ditlenek węgla, para wodna, freony itp. Gazy te w znaczący sposób wzmacniają efekt cieplarniany, implikujący tym samym zmiany w klimacie; między innymi podnoszenie się temperatury powierzchniowych warstw oceanów.

Związek „Trójkąta Bermudzkiego” z hydratami metanu

Próby wyjaśnienia tajemnicy Trójkąta Bermudzkiego zaowocowały niezliczonymi teoriami – prawdopodobnej



Fot. 1. Reaktor do rozkładu hydratów metanu



Fot. 2. Platforma do wydobywania gazu u wybrzeży Norwegii

Najważniejszym, naturalnym mechanizmem usuwania metanu uwolnionego z hydratów metanu jest jego utlenianie w atmosferze. Zdolność utleniająca atmosfery zależy zaś od ilości wolnych rodników wodorotlenowych (–OH). Związki te powstają w wyniku reakcji pary wodnej z wolnym, pojedynczym atomem tlenu, uwalnianym wskutek rozłożenia cząsteczki ozonu pod wpływem promieniowania UV.

przyczyny jego zagadkowego oddziaływania upatrywano w niejednorodności czasu pola ujemnej grawitacji, a także

działania sił magicznych. Zanim autor przejdzie do omawiania związku między hydratami metanu a Trójkątem Bermudzkim, na początek kilka faktów:

- „5 grudnia 1945 roku w okolicach Trójkąta Bermudzkiego wydarzyła się najdziwniejsza katastrofa w dziejach lotnictwa. (...) Grupa pięciu bombowców torpedowych typu Avenger (...) wyruszyła na lot patrolowy, który zakończył się tajemniczym zaginięciem maszyn (...). Zaginął również wysłany na poszukiwania samolot ratunkowy (...). W rezultacie dochodzenia, dowództwo marynarki stwierdziło, że wie jeszcze mniej niż przed wszczęciem poszukiwań (...)” [5],
- „(...) w lipcu 1963 roku, połączone siły marynarki Straży Przybrzeżnej przez dziesięć dni bezskutecznie poszukiwały kutra rybackiego „Sno’ Boy”, który zginął w okolicach Jamajki. Miesiąc później ofiarami Trójkąta Bermudzkiego padły dwa samoloty – tankowce lotnicze typu KC-135, wraz jedenastoosobowymi załogami (...)” [5].

W ciągu następujących pięciu lat na Atlantyku, w okolicach Bermudów, zdarzyło się jeszcze wiele takich „zniknięć”. Wkrótce region ten zaczął się cieszyć złą sławą.

Propozycji wyjaśnień zaginięć jest wiele: począwszy od anomalii atmosferycznych, poprzez trąby wodne i wielkie fale przyływowe, po czarne dziury, czy wreszcie działania „przybyszów z innej planety”.

Próba wyjaśnienia tego zjawiska może być obecność hydratów metanu, które tworzą dno głębi oceanicznych w pobliżu Bermudów. Istnieje hipoteza, że w okolicach Trójkąta Bermudzkiego pęcherzyki metanu zmieniają gęstość wody, przez co statki zaczynają tonąć. Statek

przepływający nad pęknięciem dna oceanicznego, z którego wydobywałyby się metan, znalazłby się w poważnym niebezpieczeństwie. W dno statku uderzyłaby potężna fala sprężonego gazu. Gęstość wody gwałtownie zmniejszyłaby się i nie byłaby w stanie wypierać ogromnej masy statku. Statek zacząłby tonąć w bardzo szybkim czasie, opadając tym samym na dno oceanu czy morza. Po kilku minutach morze uspokoiłoby się, a na jego powierzchni nie pozostałby najmniejszy ślad po statku.

Uwalniany metan może stanowić także wyjaśnienie dla znikających samolotów. W wyniku stałego uchodzenia metanu do atmosfery, gaz po pewnym czasie znalazłby się znacznie wyżej niż latające samoloty. Wówczas silniki każdego samolotu, który wleciałoby w chmurę czystego metanu, natychmiast przestałyby działać – z braku lub niedostatku tlenu. Z kolei pożary samolotów w powietrzu mogą być wynikiem zetknięcia się samolotu z chmurą łatwopalnego metanu. Eksplozję mogłaby spowodować najmniejsza iskra, a więc i gorące spaliny silników lotniczych. Potężny wybuch rozerwałby na strzępy każdy samolot. Szczątki samolotu i jego załogi natychmiast zniknęłyby pod wodą, nie pozostawiając na powierzchni śladów, na podstawie których można by odtworzyć przyczyny katastrofy.

Legenda „Trójkąta Bermudzkiego” cieszy się szczególnym zainteresowaniem wśród wielu osób; zaczynając od naukowców, a kończąc na zwykłych ludziach. Na jego temat powstawało i powstaje wiele książek oraz artykułów prasowych, a od czasu do czasu pojawiają się też audycje radiowe i telewizyjne. Wszelkie doniesienia zgodnie stwierdzają, że na tym obszarze dzieje się coś niezwykłego.

Podsumowanie

W ostatnich latach, w trakcie rozwiercania coraz głębiej zalegających złóż gazu ziemnego, zagadnienie hydratów – w tym hydratów metanu – stało się bardziej aktualne, a ich likwidacja może stanowić poważny problem; zarówno dla przemysłu, jak i dla środowiska przyrodniczego.

Hydraty metanu, a w szczególności uwalniany z nich metan, stanowią czynnik zanieczyszczający nie tylko środowisko wodne, ale również atmosferę. Hydraty przyczyniają się do wzmocnienia efektu cieplarnianego na Ziemi oraz stanowią poważne zagrożenie dla morskiej flory i fauny. Związki metanu, uchodzące z mórz i oceanów

do atmosfery, stanowią niebezpieczeństwo dla transportu morskiego i powietrznego.

Ze względu na wielkość zasobów metanu zawartego w hydratách, należy je rozważać za istotne źródło surowca energetycznego. Pozyskiwany metan może stanowić surowiec do otrzymywania ciekłych paliw silnikowych, np. eteru dimetylowego (DME) lub syntetycznych węglowodorów, a także jako paliwo do turbin i silników dużej mocy. Problematyka szerszego wykorzystania hydratów metanu jest niewystarczająco rozpoznana i wymaga prowadzenia szeroko zakrojonych badań.

Artykuł napisany na Uniwersytecie im. Kardynała Stefana Wyszyńskiego pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Adama Łuksy. Nadesłano do Redakcji 02.11.2009 r. Przyjęto do druku 18.12.2009 r.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] http://www.dakowski.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=117&Itemid=44
- [2] <http://www.komunalny.pl/index>
- [3] <http://www.pg.gda.pl/chem/Katedry/Organa/dydaktyka/TCH/wyklad-Chem-org/2.%20Alkany.doc>
- [4] <http://ziemianarozdrozu.pl/encyklopedia/123/hydraty-metanu>
- [5] Kusche L.D.: *Trójkąt Bermudzki. Zagadka rozwiązana*. Przełożył Robert M. Sadowski, Wydawnictwo Iskry, Warszawa 1983.
- [6] Lubaś J.: *Doświadczalno-teoretyczne studium zjawiska powstawania i dysocjacji hydratów gazu ziemnego*. Prace Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa, nr 117, 2002.
- [7] Molenda J.: *Gaz ziemny*. WNT, Warszawa 1996.
- [8] Szpunar T.: *Hydraty – zasoby gazu ziemnego*. Nafta-Gaz, nr 11, s. 492-494, 2005.



Magdalena Monika JABŁOŃSKA – w roku 2009 ukończyła studia licencjackie na Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego, kierunek – Ochrona środowiska. Od 2007 roku pracuje w Instytucie Paliw i Energii Odnawialnej na stanowisku referenta ds. normalizacji.

ZAKŁAD TECHNIKI STRZELNICZEJ INiG W KRAKOWIE

OFERTA NA WYKONYWANIE BADAŃ ODPORNOŚCI CIŚNIENIOWEJ I TERMICZNEJ URZĄDZEŃ

Oferujemy wykonywanie badań odporności ciśnieniowej urządzeń w warunkach podwyższonej temperatury i w temperaturze otoczenia na stanowisku termobarycznym INiG w Krakowie.

- maksymalne wymiary gabarytowe:
 - długość 1850 mm
 - średnica 140 mm
- maksymalny ciężar: 100 kG
- ciecz robocza: olej Iterm 5Mb
- maksymalne ciśnienie badania: 120 MPa
- maksymalna temperatura badania: 180°C
- ogrzewanie pośrednie w płaszczu olejowym,
- rejestracja ciągła ciśnienia i temperatury,
- możliwe wykonywanie badań „do zniszczenia” w przypadku urządzeń o niewielkiej objętości,
- możliwość wyprowadzenia sygnału elektrycznego z badanego urządzenia linią 2-przewodową.

Kierownik: mgr inż. Antoni Frodyma
Adres: ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków
Telefon: 12 653-25-12 wew. 137
Faks: 12 653-16-65
E-mail: antoni.frodyma@inig.pl

