

Piotr Klimek, Grzegorz Kołodziejak, Joanna Niemczewska  
*Instytut Nafty i Gazu, Kraków*

## Określenie metody optymalnej do wdrożenia, podnoszącej efektywność degazacji terenu złoża Przeworsk

### Wstęp

Na obszarze przedgórze Karpat zjawiska migracji gazu są powszechnie znane. Wiążą się one z budową geologiczną złóż gazu ziemnego w utworach mioceńskich, które występują przeważnie w wielowarstwowych pułapkach strukturalno-litologicznych, w piaskowcowych lub mułowcowych skałach zbiornikowych. Złoża te związane są najczęściej ze strukturami kompakcyjnymi, występującymi na wyniosłościach podłoża.

Osady czwartorzędowe charakteryzują się miąższościami rzędu kilkudziesięciu metrów – co powoduje, że najwyżej położone utwory sarmatu są słabo zwięzłe. Stwarza to warunki dla migracji gazu (zarówno wzdłuż naturalnych powierzchni dyslokacyjnych, jak i w strefach otworów wiertniczych) oraz do powstawania jego wtórnych akumulacji w najwyżej zalegających wkładkach

piaskowcowych i mułowcowych sarmatu, a czasami także w osadach czwartorzędowych [1].

Obszar złoża Przeworsk znajduje się w centralno-południowej części zapadliska przedkarpackiego, około 15 km na północ od nasunięcia karpacko-stebnickiego, na zachód od pola gazowego Jarosław i na północny-zachód od złoża Miocin. Budowa geologiczna złoża Przeworsk jest stosunkowo prosta – w przeciwieństwie do budowy złóż gazowych leżących bardziej na południe, w bezpośrednim sąsiedztwie czoła Karpat. Sedymentacja osadów mioceńskich, będących na złożu Przeworsk skałą zbiornikową, przebiegała stabilnie. Osady mioceńskie leżą bezpośrednio na utworach prekambryjskich, naśladując zaznaczające się w budowie ich powierzchni formy paleomorfologiczne oraz tektoniczne [1].

### Ocena systemu degazacji osadów czwartorzędowych

Od wielu lat w rejonie złoża Przeworsk prowadzone są badania mające na celu rozpoznanie występujących tu ekshalacji gazu i dające podstawę do opracowania skutecznej metody likwidacji, bądź ograniczenia tego zjawiska – wywierającego negatywny wpływ na środowisko, a przede wszystkim stanowiącego zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi [1]. Dotychczasowe wyniki pomiarów – prowadzonych przez pracowników Instytutu Nafty i Gazu oraz przez dział geochemii PGNiG S.A. oddział w Sanoku – wskazują na ciągłą migrację gazu ziemnego ze złoża do warstw czwartorzędowych. W wyniku tego procesu tworzą się wtórne złoża gazu, zidentyfikowane

(w zależności od ułożenia warstw czwartorzędowych) na głębokości 16÷22 m p.p.t.

Aby ograniczyć możliwości wystąpienia zagrożeń powodowanych wyciekami gazu do warstw przypowierzchniowych, na przełomie lat 1970-1980 na terenie zidentyfikowanym jako najbardziej zagrożony zainstalowano sieć sond degazacyjnych. Trzon instalacji odprowadzającej gaz z wtórnych złóż w osadach czwartorzędu stanowią sondy S1÷S17, które zostały posadowione na głębokości 20 m p.p.t.

W celu oceny degazacji terenu przez sondy S1÷S17 przeanalizowano dane pomiarowe uzyskane w wyniku

badan monitoringowych prowadzonych w latach 1999-2009 przez Instytut Nafty i Gazu oraz Dział Badań i Dokumentacji Geochemicznej PGNiG S.A. oddział w Sanoku. Na podstawie analizy wyników tych badań sondy degazacyjne można podzielić na trzy grupy:

- 1) sondy mające znikomy wpływ na odgazowanie terenu – w całym rozpatrywanym okresie średnioroczne stężenia metanu w nich nie przekraczają wartości 1%,
- 2) sondy, których cechą charakterystyczną jest nierównomierna praca w poszczególnych latach – stężenie metanu powyżej 1% (maksymalnie 37,5%) rejestrowane było w nich jedynie przez kilka lat funkcjonowania – najczęściej w początkowym okresie ich pracy, jednak w większości czasu nie przekraczało ono 1%,
- 3) sondy charakteryzujące się w miarę jednostajną pracą

w całym rozpatrywanym okresie – stężenia metanu poniżej 1% rejestrowane były w nich jedynie w pojedynczych latach.

Większość sond, dla których stężenia metanu oraz wielkości strumieni objętości wypływającego gazu są na niskim poziomie (co wskazuje na mało efektywne odgazowanie terenu) możemy zaliczyć do grupy 1 oraz 2. Przyczyną takiej sytuacji jest zdiagnozowana w trakcie prac badawczych prowadzonych przez Instytut Nafty i Gazu niedrożność dolnych warstw perforacji sond degazacyjnych, spowodowana zaleganiem materiału mineralnego o bardzo drobnej granulacji. Zwiększenie efektywności odgazowania terenu jest możliwe w przypadku systematycznego przeprowadzania zabiegów udrażniających sondy.

### Metody podniesienia efektywności degazacji osadów czwartorzędowych

#### Metoda nr 1

Jednym ze sposobów umożliwiających udrożnienie warstwy perforacyjnej sondy degazacyjnej jest stworzenie warunków ciśnieniowych, w których nadciśnienie gazu zgromadzonego we wtórnym złożu utworów czwartorzędowych przewyższy siły związane z naporem słupa cieczy oraz materiału mineralnego zalegającego w dolnej części sondy. Uzyskanie powyższych warunków umożliwi udrożnienie perforacji sondy i przepływ gazu poprzez nią do atmosfery. W skrajnym przypadku gwałtowny wypływ gazu wyniesie mieszaninę wody i materiału mineralnego na zewnątrz sondy, przez co nastąpi samoistne oczyszczenie warstwy perforacji z nagromadzonego w niej materiału mineralnego. W celu uzyskania powyższych warunków, w sondzie degazacyjnej nad lustrem cieczy należy utworzyć podciśnienie, za pomocą instalacji, w skład której wchodzi następujące elementy:



Fot. 1. Zestaw do podciśnieniowego udrażniania sond degazacyjnych

- głowica eksploatacyjno-pomiarowa,
- przewody połączeniowe, elastyczne,
- separator cieczy, wykonany ze stali,
- wentylator boczno-kanałowy typ SC-20, o wydajności 210 Nm<sup>3</sup>/h, w wykonaniu Ex,
- gazomierz rotorowy o zakresie pomiarowym 3÷250 m<sup>3</sup>/h,
- gazomierz miechowy o zakresie pomiarowym 0÷16 m<sup>3</sup>/h,
- urządzenia do pomiaru ciśnienia.

Kompletny zestaw do podciśnieniowego odbioru gazu z sond degazacyjnych przedstawiono na fotografii 1.

#### Metoda nr 2

Kolejnym sposobem udrażniania sond degazacyjnych jest metoda polegająca na wprowadzeniu do każdej z zagłowiczonych sond azotu pod wysokim ciśnieniem, co powoduje wytworzenie siły umożliwiającej przetłoczenie przez perforacje cieczy oraz materiału mineralnego zalegającego na dnie sond, w kierunku wtórnego zbiornika gazu ziemnego. W wyniku tego zabiegu perforacja sondy zostaje udrożniona. Zatłoczony azot, wraz z cieczą i materiałem mineralnym, zostaje usunięty z sondy pod wpływem ciśnienia gazu ziemnego zgromadzonego we wtórnym złożu.

W skład instalacji udrażniającej do podciśnieniowego odbioru gazu wchodzi następujące elementy:

- głowica pomiarowo-eksploatacyjna,
- przewody połączeniowe niskiego ciśnienia (do 0,5 MPa), elastyczne,
- przewody połączeniowe wysokiego ciśnienia (do 4 MPa), elastyczne,
- separator cieczy, wykonany ze stali,
- butla ze sprężonym azotem technicznym,

- reduktor ciśnienia gazu, o parametrach: ciśnienie wlotowe – 20 MPa; ciśnienie wylotowe – minimum 5 MPa),
- gazomierz rotorowy o zakresie pomiarowym  $3 \div 250 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- gazomierz miechowy o zakresie pomiarowym  $0 \div 16 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- urządzenia do pomiaru ciśnienia.

Udrażnianie sondy degazacyjnej z wykorzystaniem takiego zestawu przedstawiono na fotografii 2.



Fot. 2. Instalacja ciśnieniowego udrażniania perforacji sondy azotem

### Metoda nr 3

Trzecią metodą udrożnienia sond degazacyjnych jest sposób polegający na zastosowaniu zabiegów podzielonych na dwa etapy:

- 1) ciśnieniowe wmywanie materiału mineralnego wodą,
- 2) ciśnieniowe usuwanie materiału mineralnego azotem.

Pierwszy etap polega na doprowadzeniu do dna sondy degazacyjnej przewodu gumowego, którym podawana jest woda pod ciśnieniem. Zatłaczana woda powoduje uniesienie materiału mineralnego zalegającego w obrębie perforacji sondy. Wodę należy tłoczyć do czasu, w którym nastąpi widoczny spadek ilości wynoszonego materiału mineralnego.

W drugim etapie usunięcie pozostałych cząstek mineralnych realizowane jest za pomocą azotu, doprowadzanego na dno sondy degazacyjnej.

Prace należy prowadzić do momentu, w którym materiał mineralny nie jest już wynoszony z wnętrza sondy.

Instalacja do przeprowadzenia udrażniania sond degazacyjnych (S1÷S17) za pośrednictwem metody opartej o ciśnieniowe wmywanie wodą zalegającego w obrębie perforacji sondy materiału mineralnego składała się z dwóch części:

Część I:

- zbiornik na wodę,
- pompa wodna z napędem spalinowym, o wydajności około  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
- przewód gumowy o średnicy mniejszej niż 1",

Część II:

- butla ze sprężonym azotem technicznym,
- reduktor ciśnienia gazu, o parametrach: ciśnienie wlotowe – 20 MPa; ciśnienie wylotowe – minimum 0,5 MPa),
- głowica umożliwiająca zatłoczenie azotu na dno sondy degazacyjnej,
- przewód elastyczny, umożliwiający połączenie reduktora z głowicą, o ciśnieniu roboczym równym 2 MPa,
- przewód gumowy o średnicy mniejszej niż 1", doprowadzający azot do dna sondy degazacyjnej.

Prace z zastosowaniem metody polegającej na ciśnieniowym wmywaniu wodą materiału mineralnego przedstawiono na fotografii 3.



Fot. 3. Zatłaczanie wody na dno sondy

### Przeprowadzenie zabiegów udrażniających

Prace zmierzające do poprawy efektywności odgazowania terenu za pomocą sond degazacyjnych prowadzono na terenie złoża Przeworsk z zastosowaniem omówionych metod.

Metodę nr 1, polegającą na zastosowaniu podciśnienia wytworzonego za pomocą wentylatora boczno-kanalowego,

testowano na sondach o numerach: S4, S5, S6 oraz S8. Efektywność metody w głównej mierze uzależniona jest od wysokości słupa cieczy znajdującej się w sondzie oraz od ilości materiału mineralnego zalegającego na jej dnie. Pomiarów parametrów odniesienia wykonano w pierwszym

dniu prac badawczych wskazują, że zalegający na dnie sondy materiał mineralny może być przyczyną spadku efektywności metody.

Stężenie metanu oraz objętość strumienia gazu wpływającego z poddanych badaniom sond wskazuje, że zabieg polegający na ich udrażnianiu za pomocą podciśnienia tylko w minimalnym zakresie przyczynił się do poprawy efektywności odgazowania terenu. Główną tego przyczyną jest zbyt wysoki poziom materiału mineralnego zalegającego na dnie sond.

Wyniki badań prowadzonych na sondach S4, S5, S6 oraz S8 są zbieżne i wskazują, że odbiór gazu z nich mieścił się w zakresie  $0,001 \div 0,009 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , natomiast stężenie metanu wypływającego z sond w trakcie testów wynosiło  $0,1 \div 3,8\% \text{ v/v}$ .

Prace polegające na udrażnianiu sond za pomocą azotu zatłaczanego pod wysokim ciśnieniem (metoda nr 2) prowadzono na sondach o numerach: S5, S6 oraz S8. W przypadku tej metody udroźnienie warstwy perforacyjnej sondy zauważalne jest w momencie ewidentnego spadku ciśnienia i wystąpienia przepływu azotu z butli do wnętrza sondy.

Wyniki prowadzonych testów wskazują, iż zastosowanie ciśnienia rzędu 3,7 MPa jest niewystarczające do udroźnienia warstwy perforacji sondy degazacyjnej. Główną tego przyczyną jest zbyt wysoki poziom zalegania materiału mineralnego.

Powyższa metoda może być stosowana jedynie w połączeniu z innymi zabiegami, umożliwiającymi usunięcie części materiału mineralnego zalegającego na dnie sondy degazacyjnej.

Metodę polegającą na usunięciu materiału mineralnego za pomocą wody, kierowanej do wnętrza sondy pod ciśnieniem, zastosowano na sondach o numerach: S4, S5, S6, S8 oraz S12.

Stężenie metanu i strumień objętości gazu wypływającego z poddanych badaniom sond wskazuje, że zabieg polegający na wypłukaniu materiału mineralnego z dna sondy przynosi efekty w postaci wzrostu stężenia wypływającego ze studni metanu.

Wyraźną poprawę degazacji terenu zauważyć można w przypadku sondy S12, w której zanotowano wypływ gazu ziemnego w ilości  $0,050 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .

### Podsumowanie

Wyniki uzyskane w trakcie prowadzenia pomiarów wskazują, że najlepszą skuteczność udroźnienia zainstalowanych na terenie złoża gazu ziemnego Przeworsk sond odgazowujących osady czwartorzędu uzyskać można poprzez ciśnieniowe wymywanie wodą zalegającego w sondzie materiału mineralnego. Pozostałe metody (podciśnieniowego odbioru gazu z sond oraz udroźnienia ich

za pomocą azotu pod wysokim ciśnieniem) powinny być nadal testowane, ponieważ mogą one stanowić uzupełnienie ciśnieniowego wymywania wodą, przyczyniając się do zwiększenia efektywności pracy sond degazacyjnych.

W celu uzyskania ciągłej degazacji osadów czwartorzędowych, udrażnianie sond powinno być prowadzone cyklicznie.

Artykuł nadesłano do Redakcji 15.03.2011 r. Przyjęto do druku 28.04.2011 r.

Recenzent: prof. dr inż. Andrzej Froński

### Literatura

- [1] Dudek J., Dudek L. i in.: *Analiza i ocena zagrożeń ekshalacjami gazu – studium przypadku*. Raport opracowany w trakcie realizacji przez INiG projektu pt.: Polsko-Ukraiński problem Przedgórze Karpat, Kraków 2008.



Mgr inż. Grzegorz KOŁODZIEJAK – absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej. Asystent w Zakładzie Technologii Energii Odnawialnych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. Obecnie zajmuje się realizacją prac związanych z wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych, w szczególności biomasy.



Mgr inż. Piotr KLIMEK – asystent w Zakładzie Technologii Energii Odnawialnych INiG. Absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej. Absolwent Wydziału Zarządzania AGH w Krakowie. Zajmuje się problematyką energetycznego wykorzystania biogazu, w tym aspektami ekonomicznymi. Od 2004 roku bierze czynny udział w realizacji międzynarodowych projektów badawczych.



Mgr Joanna NIEMCZEWSKA – absolwentka Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Wydziału Chemii, kierunek – Ochrona środowiska. Ukończyła studia podyplomowe na UJ: Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej, specjalność – Zarządzanie i Audyt. Pracuje w Zakładzie Technologii Energii Odnawialnych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie.