Małgorzata Uliasz, Grzegorz Zima, Sławomir Błaż, Bartłomiej Jasiński

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Ocena właściwości cieczy wiertniczych w aspekcie zapobiegania migracji gazu w otworach na przedgórzu Karpat

Przedstawione w artykule zagadnienie dotyczy wpływu właściwości technologicznych płuczek wiertniczych i cieczy przemywających na stopień uszczelnienia przestrzeni pierścieniowej na kontakcie kamień cementowy–skała. Podstawą oceny właściwości tych cieczy były wyniki badań laboratoryjnych w odniesieniu do wielkości wypływu gazu z przestrzeni międzyrurowych w warunkach otworowych. Dla wybranych otworów zrealizowanych na przedgórzu Karpat określono wartości przyczepności kamienia cementowego do próbki rdzenia i przepuszczalności dla gazu ze względu na parametry reologiczne zastosowanych płuczek wiertniczych oraz właściwości inhibitacyjne płuczek i cieczy przemywających. Wyniki badań wykazały, że w celu poprawy szczelności na kontakcie kamień cementowy–skała oraz ograniczenia przepuszczalności dla gazu, przed zabiegiem cementowania należy przeprowadzić modyfikację właściwości reologicznych płuczki otworowej oraz stosować odpowiednie ciecze przemywające charakteryzujące się właściwościami inhibitacyjnymi.

Słowa kluczowe: płuczka wiertnicza, ciecze przemywające, zaczyn cementowy, uszczelnienie rur okładzinowych, migracja gazu.

Evaluation of drilling fluids properties in terms of preventing gas migration in boreholes situated in the Carpathian Foredeep

This article describes the impact of the technological properties of drilling muds and spacer fluids on the quality of the annular space sealing at the cement stone – rock contact. Evaluation of the properties of these liquids was made on the basis of laboratory tests in relation to the size of the outflow of gas from the annular space in borehole conditions. For selected boreholes completed in the Carpathian Foredeep, the adhesion of the cement stone to core samples and gas permeability due to the rheological and inhibitive parameters of used drilling muds and spacer fluids was identified. Obtained results showed that in order to improve sealing quality at the cement stone – rock contact and to reduce gas permeability, cementing should be preceded by the modification of the rheological properties of drilling mud and in addition proper spacer fluids with appropriate inhibitive properties should be used.

Key words: drilling mud, spacer fluids, cement slurry, seal casing, migration of gas.

Wpływ płuczek wiertniczych i cieczy przemywających na skuteczność uszczelnienia kolumn rur okładzinowych

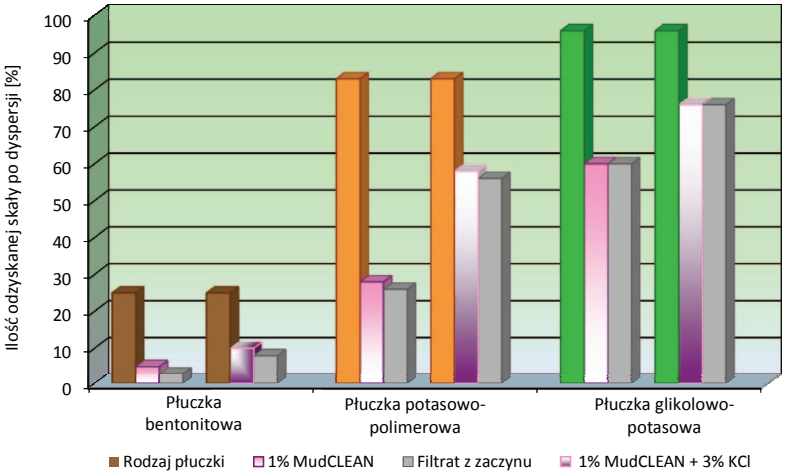
Pomimo ciągłego doskonalenia procesu technologii cementowania otworów, w krajowym wiertnictwie odnotowywane są przypadki migracji gazu z przestrzeni pierścieniowych, które występują w okresie poprzedzającym wiązanie zaczynu cementowego lub po zakończeniu prac w otworze. Gaz może migrować z różnych głębokości, lecz intensywność tego zjawiska obserwowana jest najczęściej na obszarach, gdzie złoża węglowodorów występują na niewielkich głębokościach w piaskowcach laminowanych utworami ilastymi.

Efektywne uszczelnienie otworu zależy zarówno od konstrukcji otworu, zaprojektowanej dla określonych warunków geologiczno-złożowych, jak i praktycznie przeprowadzonego,

zgodnie z wymogami, zabiegu cementowania poszczególnych kolumn rur okładzinowych uszczelnianych z wykorzystaniem odpowiednio dobranych składów zaczynów cementowych. To nie jedyne z koniecznych warunków wymaganych do uzyskania efektywnego uszczelnienia przestrzeni pierścieniowej. W utworach ilastych i zailonych, płytko zalegających problem szczelności rur okładzinowych w aspekcie zapobiegania migracji gazu powinien być rozpatrywany również pod kątem skutków oddziaływania na tego rodzaju skały wszystkich cieczy stosowanych zarówno podczas wiercenia otworu, przygotowania do rurowania i cementowania, jak i po jego zacementowaniu.

Analizy przyczyn nieudanych zabiegów cementowania rur, zwłaszcza w warstwach skał charakteryzujących się większą podatnością na dyspersję i pęcznienie, które od strony technicznej były przeprowadzone prawidłowo, oraz wyniki badań laboratoryjnych wskazują, że na stopień uszczelnienia otworu wpływa m.in.: rodzaj płuczki stosowanej w procesie jego wiercenia, a w szczególności jej właściwości reologiczne i inhibitacyjne, oraz rodzaj i skład cieczy przemywającej i zaczynu cementowego. Nieodpowiedni dobór składu tych cieczy może niekorzystnie wpłynąć na właściwości hydratacyjne skał ilastych na skutek zachodzących w strefie przyotworowej procesów fizykochemicznych, w czasie bezpośredniego oddziaływania na ścianę otworu płuczki i cieczy przemywającej oraz w trakcie wiązania zaczynu. Również ich właściwości reologiczne, jako cieczy wypieranych i zatłaczanych do otworu, wzajemnie oddziałujących na siebie, mają duży wpływ na efektywność płukania otworu i usuwania osadów filtracyjnych z jego ścian.

Jak wykazały wielokierunkowe badania laboratoryjne, migracjom gazu można przeciwdziałać, stosując już w czasie wiercenia otworu płuczki wiertnicze zabezpieczające skały ilasto-łupkowe przed hydratacją, co w dużym stopniu pozwoli na dalsze ograniczanie intensywności tego zjawiska w układzie skała ilasto-łupkowa–ciecz wiertnicza podczas płukania otworu oraz wiązania zaczynu cementowego. Potwierdziły to wyniki badań dyspersji wzorcowych próbek skał ilasto-łupkowych w środowisku otworowych płuczek wiertniczych różniących się stopniem inhibitacji (bentonitowa, potasowo-polimerowa i glikolowo-potasowa), cieczy przemywających stanowiących roztwory MudCLEAN z dodatkiem i bez dodatku KCl oraz filtratu z zaczynu cementowo-lateksowego (rysunek 1). Przeprowadzone badania wykazały, że próbki skał odznaczające się wzmożoną adsorpcją wody, które zostały słabo zabezpieczone przez płuczkę wiertniczą przed hydratacją, w środowisku cieczy przemywającej, nieposiadającej właściwości inhibitacyjnych, ulegały znacznie większej destrukcji niż w cieczach charakteryzujących się nawet niskim stopniem inhibitacji. Dalsze, aczkolwiek mniejsze już zmiany właściwości fizycznych próbek skał i ubytek ich masy występowały po oddziaływaniu filtratu z zaczynu cementowego. Natomiast próbki tych skał po oddziaływaniu płuczek o wysokiej efektywności zapobiegania hydratacji skał ilasto-łupkowych wykazywały właściwości hydrofobowe, co w kolejnych etapach dyspersji skutkowało mniejszym uszkodzeniem struktury krystalicznej minerałów ilastych przez ciecze przemywające charakteryzujące się różnym stopniem inhibitacji, jak i odmiennymi właściwościami filtratu z zaczynu cementowego [6, 7, 8].



Rys. 1. Ilości odzyskiwanych próbek skał ilasto-łupkowych po oddziaływaniu płuczek wiertniczych i cieczy przemywających różniących się właściwościami inhibitacyjnymi oraz filtratu z zaczynu cementowego

W warunkach otworowych, w trakcie płukania otworu przed cementowaniem kolumn rur okładzinowych w celu usunięcia resztek urobku, osadów filtracyjnych i zżelowanej płuczki wiertniczej oraz podczas zatłaczania zaczynu cementowego przepływająca ciecz przemywająca, a następnie zatłaczany zaczyn cementowy powodują w różnym stopniu usuwanie ze ścian otworu osadów wraz z powłoką ochronną wytworzoną przez koloidy ochronne, a w szczególności – polimery kapsułujące. Stopień usunięcia tych osadów w dużej mierze zależy od jakości utworzonego osadu i skuteczności płukania otworu.

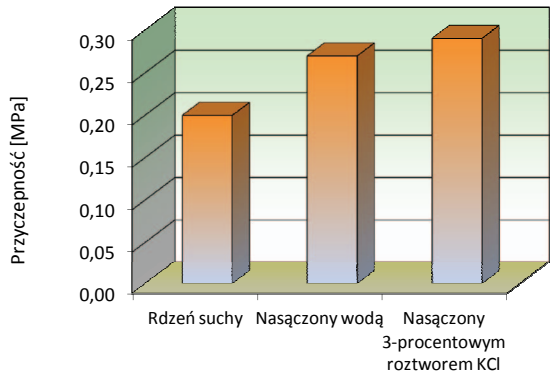
W kontakcie z cieczą przemywającą i filtratem z zaczynu cementowego odsłonięte skały ilasto-łupkowe, jak i pozostały na ścianie otworu osad filtracyjny mogą adsorbować wodę, jeżeli stosowana w czasie wiercenia płuczka charakteryzowała się ograniczoną zdolnością zapobiegania hydratacji minerałów ilastych, a wypełniający przestrzeń pierścieniową zaczyn ce-

mentowy posiadał wysoką filtrację. W efekcie działania tych cieczy należy się spodziewać wzrostu ciśnienia pęcznienia skał ilastych i związanego z tym przyrostu ich objętości, które mogą mieć wpływ na niszczenie tworzącej się struktury kamienia cementowego.

Natomiast podczas wiązania zaczynu cementowego następuje intensywne pobieranie wody z uwodnionych minerałów ilastych, powodujące częściowe wysuszanie i skurcz skały, co sprzyja powstawaniu w ich strukturze sieci mikrospękań. W wyniku wysuszania skał ich objętość, ulegając zmniejszeniu, przyczyniać się może do powstawania mikroszczelin pomiędzy skałą ilastą a kamieniem cementowym, stwarzając drogi do migracji gazu [3, 4].

Na prawdopodobieństwo występowania skutków oddziaływania cieczy przemywających i zaczynu cementowego na skałę ilastą wskazywały badania przeprowadzone pod kątem określenia wartości przyczepności kamienia cementowego do próbek rdzenia przygotowanego z wzorcowej skały ilasto-łupkowej (łupek mioceński). Testy te polegały na uszczelnieniu wzorcowej przestrzeni pierścieniowej z suchym rdzeniem oraz rdzeni sezonowanych w wodzie słodkiej i w 3-procentowym roztworze KCl. Przeprowadzone badania wykazały, że najwyższą przyczepność do kamienia cementowego posiadał rdzeń zabezpieczony jonami K^+ przed działaniem filtratu z zaczynu, natomiast najniższą – rdzeń suchy, który w czasie wiązania zaczynu ulegał pęcznieniu, co mogło spowodować zmiany struktury kamienia cementowego (rysunek 2). Wyniki tych badań ukazują zarówno zachowanie się skał ilasto-łupkowych w kontakcie z filtratem z zaczynu cementowego podczas jego wiązania, jak i podkreślają potrzebę stosowania cieczy wiertniczych o odpowiednich właściwościach inhibitacyjnych w warstwach skał „wrażliwych" na wodę, celem zapobiegania ich hydratacji.

Niepewność wyniku pomiaru przyczepności kamienia cementowego do rdzenia oszacowano według klasy dokładności użytego urządzenia pomiarowego Chandler Engineering na poziomie 0,1%.



Rys. 2. Przyczepność kamienia cementowego do rdzenia z łupku mioceńskiego

Uzyskanie skutecznego wypełnienia przestrzeni pierścieniowych pomiędzy kolumnami rur, jak i poza nimi, w celu uniemożliwienia pionowych przepływów gazu, wymaga także odpowiedniego przygotowania otworu do zabiegu cementowania, polegającego na wyparciu płuczki z otworu oraz wypłukaniu jego ścian z osadów i zżelowanej płuczki pozostałej w kawernach. Pozostawienie przyściennej warstwy płuczki, rur okładzinowych oblepionych płuczką oraz osadów filtracyjnych na ścianach otworu powoduje słabe związanie kamienia cementowego z rurą/skałą i wpływa na wielkość mikroszczeliny.

Całkowite wyparcie płuczki przez zatłaczane do otworu ciecze (ciecz przemywającą, bufor i zaczyn cementowy) jest procesem złożonym ze względu m.in. na wymagania odnośnie rozkładu prędkości pomiędzy dwiema cieczami różniącymi się właściwościami reologicznymi i gęstością, zachodzące procesy fizykochemiczne podczas wzajemnego ich oddziaływania, ale także stan techniczny otworu. W celu poprawy warunków umożliwiających w jak największym stopniu usunięcie zżelowanej płuczki i osadów przez ciecz przemywającą, należy przeprowadzić obróbkę parametrów reologicznych płuczki, dostosowując ich wysokość do warunków geologiczno-technologicznych panujących w otworze. Modyfikacja właściwości płuczki polega przede wszystkim na obniżeniu jej lepkości, granicy płynięcia i wytrzymałości strukturalnej. Im niższa jest lepkość i wytrzymałość strukturalna płuczki wypieranej, tym łatwiejsze jest jej usuwanie i zmywane powstałych osadów przez ciecz przemywającą (bufor, przemywka). Stopień upłynnienia płuczki musi jednak uwzględniać jej zdolność do wypłukania zżelowanej płuczki w najszerszych miejscach otworu, przy możliwych do uzyskania, ze względu na ciśnienie szczelinowania, wydatkach płukania oraz dopuszczalną wartość sedymentacji fazy stałej (materiałów obciążających, zwiercin) na dolnej ścianie w nachylonym lub poziomym odcinku otworu i gęstości, która nie będzie stanowić zagrożenia dla stabilności ścian otworu [5].

Rozpatrując zatem przyczyny migracji w aspekcie wpływu właściwości technologicznych cieczy wiertniczych na zwiększenie skuteczności uszczelnienia kolumn rur okładzinowych, szczególnie w płytko zalegających warstwach skał ilasto-łupkowych, należy:

- w czasie wiercenia otworu stosować płuczki wiertnicze zapobiegające nadmiernemu skawernowaniu otworu, których głównym zadaniem będzie takie zabezpieczenie skał ilasto-łupkowych przed hydratacją, aby zatłoczona ciecz przemywająca (bufor, przemywka) oraz zaczyn cementowy nie powodowały dalszej ich hydratacji, a utworzony osad filtracyjny charakteryzował się odpowiednią wytrzymałością mechaniczną,
- na etapie przygotowania otworu do zabiegu cementowa-

nia przeprowadzić obróbkę parametrów reologicznych płuczki wiertniczej poprzez jej upłynnienie, dostosowując wysokość lepkości, granicy płynięcia, wytrzymałości strukturalnej i gęstości do warunków geologiczno-technologicznych otworu,
- w czasie płukania otworu stosować ciecze przemywające, charakteryzujące się korzystnym, inhibitującym oddziaływaniem na ścianę otworu i efektywnym usuwaniem osadu filtracyjnego,
- do uszczelniania kolumn rur okładzinowych stosować zaczyny cementowe o parametrach reologicznych spełniających wymogi założonego reżimu tłoczenia oraz gęstościach, czasach gęstnienia i filtracji dostosowanych do warunków otworowych.

Badania wpływu cieczy wiertniczych na stopień uszczelnienia przestrzeni pierścieniowej

Celem badań laboratoryjnych było ustalenie przyczyn migracji gazu z przestrzeni międzyrurowych w wybranych dziesięciu otworach zrealizowanych na przedgórzu Karpat, pod kątem właściwości cieczy wiertniczych stosowanych w czasie wiercenia i cementowania kolumn rur okładzinowych. Zakres badań laboratoryjnych dla tych otworów obejmował określenie wpływu płuczki wiertniczej, cieczy przemywającej oraz zaczynu cementowego na stopień uszczelnienia wzorcowej przestrzeni pierścieniowej na kontakcie kamień cementowy–skała (próbka piaskowca z warstw istebniańskich), w oparciu o badania przyczepności kamienia cementowego do skały poprzez osad filtracyjny oraz przepuszczalności dla gazu.

Z analizy danych otworowych wynikało, że w wybranych otworach znaczące wypływy gazu zarejestrowane zostały w utworach miocenu autochtonicznego głównie z przestrzeni pierścieniowych 18⅝" × 13⅜" i 13⅜" × 9⅝" w ilości od 0,01 do 3 m^3/h. Migracje gazu z przestrzeni 18⅝" × 13⅜" dotyczyły interwałów w głębokości od około 30 do około 250 m, natomiast z przestrzeni 13⅜" × 9⅝" w głębokości od około 140 do 950 m. Do przewiercania warstw zarówno pod rury 18⅝", jak i 13⅜", do głębokości około 250 m, a w niektórych przypadkach do 500 m, stosowano przede wszystkim płuczkę bentonitową. Natomiast interwały pod rury 13⅜" i 9⅝" przewiercano inhibitowaną płuczką beziłową, zawierającą KCl i PHPA. Przed zabiegiem cementowania stosowano ciecze przemywające, takie jak: woda, roztwory MudCLEAN, zawiesina polimerowa z ferrohemem oraz przemywka wodno-cementowa. Do cementowania wyżej wymienionych rur okładzinowych zastosowano zaczyny: cementowo-lateksowy z mikrocementem oraz cementowo-lateksowy.

Dla przybliżenia warunków otworowych, a szczególnie w celu utworzenia na próbce skały odpowiedniego osadu filtracyjnego, do badań laboratoryjnych zastosowano otworową płuczkę bentonitową zawierającą zanieczyszczenia pochodzące z przewiercanych warstw do głębokości 250 m oraz płuczkę beziłową potasowo-polimerową, którą pobierano z głębokości od 250 do 1100 m. Płuczki te jako nieobrobione i obrobione przed zabiegiem cementowania służyły do wytworzenia osadu na próbce rdzenia skalnego (rysunek 3), który przemywano, w zależności od analizowanego otworu, odpowiednią cieczą lub cieczami sporządzonymi według podanej receptury (rysunek 4). Następnie rdzenie z przemytym osadem zalewano w przygotowanych formach zaczynem cementowym o recepturze zgodnej z projektem cementowania danej kolumny rur (rysunek 5). Tak sporządzone próbki sezonowano w wannie termostatycznej, w temperaturze 20°C. Po czasie 2, 7 i 14 dni określano efektywność uszczelnienia wzorcowej przestrzeni pierścieniowej, wykonując badania przyczepności kamienia cementowego do próbki skały oraz przepuszczalności dla gazu na kontakcie skała–kamień cementowy. Przyczepność kamienia cementowego do skały określono na podstawie pomiaru siły zerwania na kontakcie kamień–skała, natomiast pomiar

Rys. 3. Wytworzony osad na próbce rdzenia

Rys. 4. Osad po przemyciu cieczą przemywającą

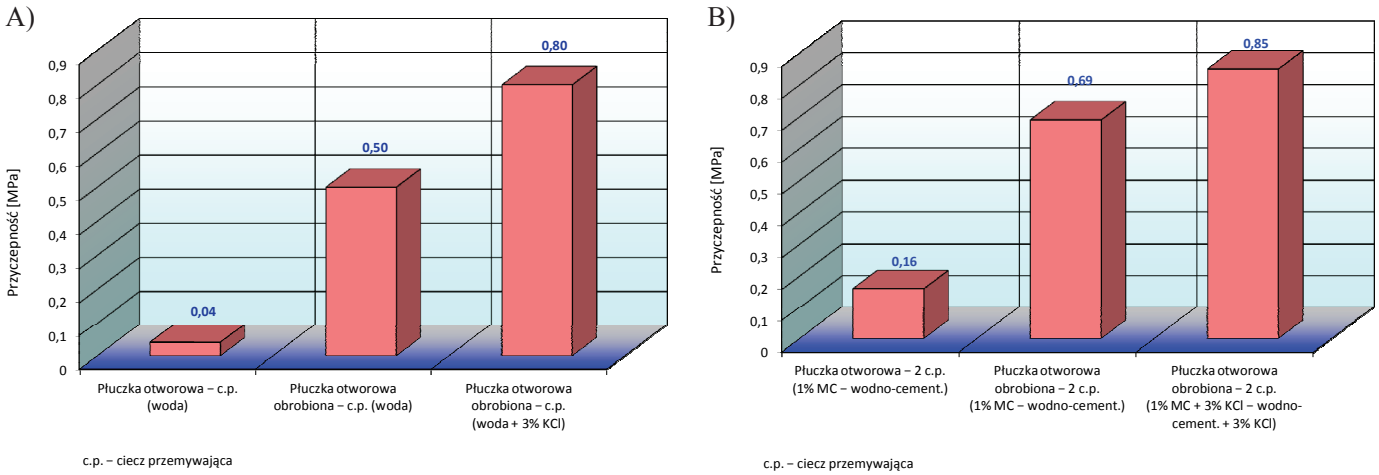
Rys. 5. Zacementowana próbka rdzenia

przepuszczalności dla gazu wykonywano poprzez zadanie określonego ciśnienia na badaną próbkę i pomiaru czasu wypływu gazu przy założonym ciśnieniu. Pierwszy pomiar przepuszczalności dla gazu, dla badanej próbki wykonywano przy ciśnieniu 2,5 bar, zakładając maksymalny czas pomiaru do 10 min. Jeżeli w ciągu założonego czasu nie stwierdzono wypływu gazu, zwiększano ciśnienie do 5 bar, a następnie do 10 bar. Dla każdej wartości zadanego ciśnienia mierzono czas, jaki upłynął do wystąpienia pierwszych objawów wypływu gazu na kontakcie kamień cementowy–rdzeń.

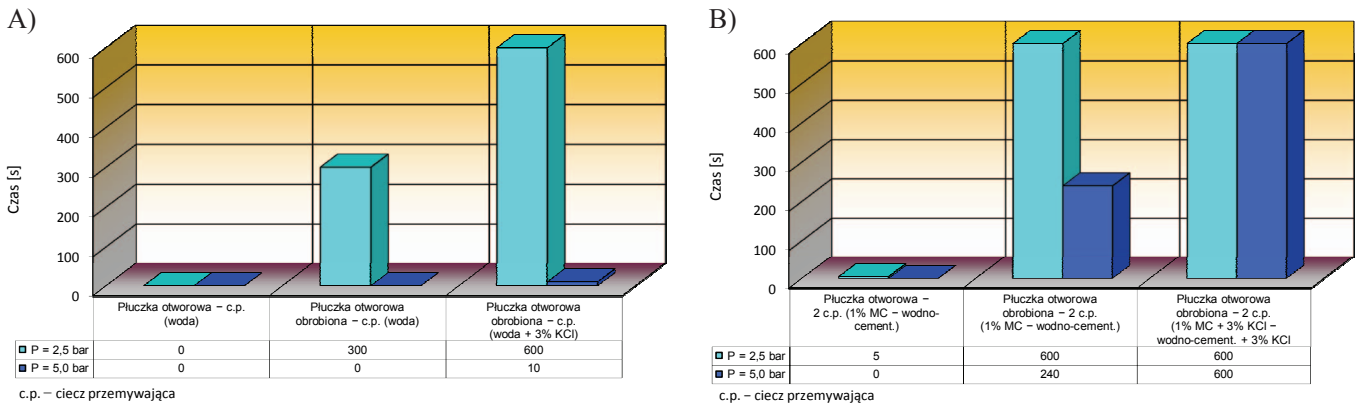
Przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych dla wszystkich analizowanych otworów próby określenia szczelności na kontakcie kamień cementowy–skała i przepuszczalności dla gazu wskazywały, że w otworach, w których stwierdzono znaczące wypływy gazu (0,4÷3 m^3/h), głównie z przestrzeni 18⅝ × 13⅜", oznaczano równocześnie niskie wartości przyczepności kamienia ze skałą, wynoszące 0,04÷0,25 MPa, oraz prawie natychmiastowe wypływy gazu po przyłożeniu ciśnienia 2,5 bar. Dotyczyło to próbek z wytworzonym grubym, nieskonsolidowanym osadem z płuczki bentonitowej, do przemycia którego w pierwszej kolejności stosowano wodę lub roztwór wodny MudCLEAN, a następnie ciecz buforową stanowiącą koloidalną zawiesinę polimerową z ferrohemem lub przemywkę wodno-cementową.

Natomiast badania wykonane dla otworów, w których zastosowana została beziłowa płuczka potasowo-polimerowa tworząca niewielkie ilości osadu, w miarę dobrze usuwalnego przez ciecze przemywające, wykazały, że wartości przyczepności kamienia cementowego do skały dla przestrzeni 13⅜ × 9⅝" były zdecydowanie wyższe i mieściły się w zakresie od 0,72 do 2,18 MPa. Dla badanych próbek stwierdzono również mniejsze wypływy gazu, które wystąpiły dopiero po przyłożeniu ciśnienia 5 bar. Również w warunkach otworowych zarejestrowane zostały słabe, zanikające i małe wypływy gazu (maksymalnie do 0,2 m^3/h). Otrzymane wyniki badań wykazały, że jakościowa ocena efektywności uszczelnienia omawianych kolumn rur w dużym stopniu odzwierciedlała wielkości migracji gazu w warunkach otworowych.

Kolejny etap badań dotyczył określenia wpływu płuczki bentonitowej o obniżonych parametrach reologicznych i cieczy przemywających charakteryzujących się właściwościami inhibitacyjnymi na przyczepność kamienia cementowego



Rys. 6. Przyczepność dla próbek po obróbce płuczki bentonitowej i modyfikacji:
A) jednej cieczy przemywającej, B) dwóch cieczy przemywających, w porównaniu do płuczki otworowej



Rys. 7. Przepuszczalność dla gazu dla próbek po obróbce płuczki bentonitowej i modyfikacji:
A) jednej cieczy przemywającej, B) dwóch cieczy przemywających, w porównaniu do płuczki otworowej

do skały oraz przepuszczalności dla gazu. Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie płuczki bentonitowej o obniżonych parametrach reologicznych do wytwarzania osadów na próbkach rdzenia przyczyniło się do poprawy przyczepności, która wzrosła kilkakrotnie w porównaniu z próbką z osadem z płuczki otworowej nieobrobionej. Dalszy wzrost wartości przyczepności próbki rdzenia do kamienia cementowego spowodowała modyfikacja cieczy przemywających poprzez dodatek 3% KCl (rysunek 6). Potwierdzeniem korzystnego wpływu zarówno obróbki płuczki bentonitowej, jak i modyfikacji składu cieczy przemywających były wyniki przepuszczalności dla gazu (rysunek 7). Stwierdzone wypływy gazu dla tych próbek występowały dopiero po przyłożeniu wyższego ciśnienia. Niepewność pomiaru wielkości przedstawionej na rysunku 7 oszacowano na 0,1 s.

W oparciu o przeprowadzone badania można zauważyć, że obróbka płuczki wiertniczej oraz modyfikacja cieczy przemywającej powinna odgrywać znaczącą rolę w ograniczaniu migracji gazu z przestrzeni pierścieniowej, głównie 18⅝ × 13⅜", z której rejestrowane są największe wypływy gazu w otworach realizowanych na przedgórzu Karpat.

Analiza przyczyn migracji gazu w wytypowanych otworach w oparciu o badania laboratoryjne

Przeprowadzona ocena wyników badań w odniesieniu do analizowanych otworów, uwzględniająca tylko właściwości technologiczne zastosowanych cieczy wiertniczych, wskazywała na kilka czynników, które mogły mieć wpływ na występowanie zjawiska migracji gazu. Sytuacja ta dotyczy przede wszystkim stosowania płuczki bentonitowej w warstwach skał podatnych na dyspersję i pęcznienie, niewystarczającej obróbki jej parametrów reologicznych przed zabiegiem cementowania, właściwości cieczy przemywających osady z tej płuczki oraz stosowania zaczynów cementowych, których składy wymagały dokładnego ustalenia ilości środków zapobiegających migracji gazu.

Płuczka bentonitowa, która nie posiada właściwości inhibitacyjnych i charakteryzuje się stosunkowo wysoką filtracją, w czasie przewiercania warstw utworów miocenu autochtonicznego powoduje ich hydratację oraz wytwarza na ścianie otworu gruby, nieskonsolidowany osad filtracyjny (rysunek 8). Stosowane ciecze przemywające, którymi są najczęściej woda, roztwór MudCLEAN (0,8÷1,0%) lub w pojedynczych przypadkach – ciecz buforowa stanowiąca koloidalną zawiesinę polimerową zawierającą ferrohem, pozostawiają ok. 80% osadu na ścianie otworu, erodując tylko zewnętrzną jego powierzchnię. Ponadto ciecze te, pomimo krótkiego ich oddziaływania na ścianę otworu, mogą powodować dalszą hydratację i pęcznienie skał, ponieważ nie posiadają właściwości inhibitacyjnych. Możliwość występowania dalszej hydratacji skał ilastych w środowisku cieczy przemywającej, ale również w kontakcie z filtratem cementowym, wykazały przeprowadzone badania laboratoryjne (rysunek 1).

W celu ograniczenia migracji gazu uzasadnionym byłoby zastosowanie w składzie każdej cieczy przemywającej dodatku KCl, którego hydrofobizujące działanie powinno wpłynąć na jakość osadu filtracyjnego i zmniejszenie ciśnienia pęcznienia skał. Intensywności tego zjawiska można zapobiegać, stosując w warstwach płytkiego miocenu płuczki zabezpieczające przewiercane skały przed hydratacją, np. płuczkę beziłową sporządzoną na osnowie biodegradowalnej soli organicznej.

Istotnym czynnikiem mającym wpływ na efektywność uszczelnienia kolumn rur jest odpowiednia modyfikacja parametrów reologicznych płuczki bentonitowej. W otworach, w których warunki umożliwiały przeprowadzenie odpowiedniej modyfikacji jej parametrów reologicznych, stwierdzono zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i otworowych właściwe uszczelnienie przestrzeni pierścieniowej, dla której określono słabe i zanikające wypływy gazu. Natomiast dla otworów, w których rejestrowano znaczne wypływy gazu (na co wskazywały również wyniki badań laboratoryjnych), brak było jednoznacznych danych świadczących o modyfikacji parametrów reologicznych płuczki lub brak informacji, że jej modyfikacja przeprowadzona została na odpowiednim etapie przygotowania otworu do cementowania.

Rys. 8. Uszkodzone rdzenie z łupku mioceńskiego w czasie tworzenia osadu z płuczki bentonitowej

Kolejnym czynnikiem, który ma wpływ na efektywność uszczel-

nienia kolumn, jest odpowiedni dobór parametrów zaczynu uszczelniającego dla określonych warunków otworowych. Podczas uszczelniania otworów na złożach gazowych należy ściśle przestrzegać receptury zaczynów opracowanych w laboratorium. Badania potwierdzają, że nawet niewielkie różnice w ilości dodawanych środków do zaczynu mogą powodować znaczne przesunięcie punktu końca wiązania lub zmianę czasu obniżania się ciśnienia hydrostatycznego zaczynu podczas jego hydratacji. Z tego względu przed uszczelnieniem otworów, w których pojawia się podwyższone ryzyko wystąpienia migracji gazu, należy przeprowadzić badania laboratoryjne zaczynów w celu określenia ich zdolności przeciwmigracyjnych.

Podsumowanie

W oparciu o przeprowadzoną analizę wyników badań można stwierdzić, że ze względu na uwarunkowania geologiczne złóż gazu występujących na obszarze przedgórza Karpat, cementowanie rur okładzinowych, głównie 18⅝" i 13⅜", wymaga szczególnej uwagi w zakresie doboru odpowiednich właściwości inhibitacyjnych płuczki wiertniczej i cieczy przemywających. Takie podejście do problemu migracji gazu w połączeniu z doświadczeniem praktycznym pozwoli na podejmowanie działań zmierzających do ograniczenia tego zjawiska na planowanych do realizacji otworach w rejonach zagrożonych występowaniem silnych wypływów gazu.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2015, nr 1, s. 11–17

Artykuł nadesłano do Redakcji 14.07.2014 r. Zatwierdzono do druku 30.09.2014 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy badawczej pt. *Kompleksowa analiza przyczyn migracji gazu w otworach realizowanych na przedgórzu Karpat i w Karpatach pod kątem właściwości cieczy wiertniczych stosowanych w czasie wiercenia i cementowania kolumn rur okładzinowych* – praca INiG – PIB na zlecenie PGNiG SA; nr archiwalny: DK-4100-86/2011, nr zlecenia: 529/KW/11.

Literatura

[1] Fornal J. i in.: *Doskonalenie zaczynow uszczelniajacych lekkich i ciezkich zapobiegajacych migracji gazu w przestrzeni pierscieniowej podczas wiazania cementu*. Dokumentacja IGNiG, Kraków 1999, nr zlecenia: 470/KW.

[2] Gawlik P., Szymczak M.: *Migracje gazowe w przestrzeniach miedzyrurowych otworow realizowanych na przedgorzu Karpat*. Nafta-Gaz 2006, nr 7–8, s. 349–358.

[3] Herman Z., Uliasz M.: *Wplyw zjawisk zachodzacych na kontakcie pluczka wiertnicza – zaczyn cementowy – skala ilasta na skutecznosc cementowania*. Konferencja Naukowo-Techniczna Geopetrol 2002, Prace INiG nr 116, Kraków 2002.

[4] Herman Z.: *Doskonalenie procesu cementowania rur okladzinowych w otworach wierconych przy uzyciu pluczek: polimerowej z inhibitorem i polimerowej z inhibitorem kapsulujacym w wybranych rejonach Karpat i przedgorza Karpat. Etap 01 – Opracowanie receptur zaczynow cementowych i technologii cementowania kolumn rur okladzinowych w wytypowanych rejonach wiercen w Karpatach Wschodnich*. Praca niepublikowana IGNiG, 1995.

[5] Kremieniewski M.: *Proces migracji gazu w trakcie wiazania zaczynu cementowego*. Nafta-Gaz 2011, nr 3, s. 175–181.

[6] Nowotarski I., Uliasz M., Zima G., Blaz S., Szymczak M.: *Przygotowania pluczki do zabiegu cementowania – doswiadczenia przemyslowe*. Konferencja Naukowo-Techniczna Geopetrol 2008, Prace INiG 2008, nr 150.

[7] Uliasz M., Chudoba J. i in.: *Doskonalenie uszczelniania kolumn rur okladzinowych w utworach plytkiego miocenu z uwzglednieniem warstw sypkich. Etap III*. Praca niepublikowana IGNiG, 2002, nr zlecenia: 271/KW.

[8] Uliasz M., Kremieniewski M. i in.: *Kompleksowa analiza przyczyn migracji gazu w otworach realizowanych na przedgorzu Karpat i w Karpatach pod katem wlasciwosci cieczy wiertniczych stosowanych w czasie wiercenia i cementowania kolumn rur okladzinowyc*h. Praca niepublikowana INiG, 2012, nr zlecenia: 529/KW/11, nr archiwalny: DK-4100-86/11.

[9] Uliasz M., Kremieniewski M. i in.: *Okreslenie wplywu pluczek wiertniczych zawierajacych inhibitor polimerowy na jakosc zacementowania kolumn rur okladzinowych*. Praca niepublikowana INiG, 2013, nr zlecenia: 779/KW, nr archiwalny: DK-4100-119/13.

Dr inż. Małgorzata ULIASZ
Kierownik Zakładu Technologii Wiercenia.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A
31-503 Kraków
E-mail: *uliasz@inig.pl*

Dr inż. Grzegorz ZIMA
Adiunkt w Zakładzie Technologii Wiercenia.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A
31-503 Kraków
E-mail: *zima@inig.pl*

Mgr inż. Sławomir BŁAŻ
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Technologii Wiercenia.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A
31-503 Kraków
E-mail: *slawomir.blaz@inig.p*

Mgr inż. Bartłomiej JASIŃSKI
Asystent w Zakładzie Technologii Wiercenia.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A
31-503 Kraków
E-mail: *bartlomiej.jasinski@inig.pl*