

Grzegorz Zima

Institut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Wpływ właściwości płuczek wiertniczych na jakość cementowania w gazonośnych poziomach miocenu

W rejonach występowania warstw gazonośnych prowadzone są od wielu lat badania mające na celu rozpoznanie wystąpień ekshalacji gazu. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych, których celem było poznanie wpływu cieczy wiertniczych o określonym składzie na właściwości przewierczanych skał, ze szczególnym uwzględnieniem badań dyspersji łupku miocenijskiego w środowisku cieczy stosowanych podczas wiercenia i cementowania otworów w rejonach występowania ekshalacji gazu. Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę wpływu płuczek wiertniczych na stopień zabezpieczenia łupku miocenijskiego przed niekorzystnym oddziaływaniem cieczy przemylających i filtratu z zaczynów cementowych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie w składzie płuczek, do wierceń w rejonach występowania płytkiego miocenu, dodatkowych inhibitorów hydratacji skał lub użycie zamiast nich inhibitorów bardziej efektywnych, przyczyni się do lepszego zabezpieczenia łupku miocenijskiego przed niekorzystnym oddziaływaniem filtratu z zaczynu cementowego. Ustalono również, że ważnym czynnikiem mającym wpływ na jakość cementowania jest grubość osadu filtracyjnego powstającego na ścianie otworu.

Słowa kluczowe: jakość cementowania, płuczka wiertnicza, analiza dyspersyjna.

Influence of drilling muds on the cementing quality in gas-bearing Miocene levels

In areas where gas-bearing layers are present, research aimed at identifying instances of gas exhalation has been carried out for many years. The article presents the results of laboratory tests, which were aimed at investigating the effect of drilling fluids with a specific composition on the properties of drilled rocks with special emphasis on research in Miocene shale dispersion in liquid medium used during drilling and cementing holes in the areas of gas exhalation occurrence. The results made it possible to assess the impact of drilling fluid on the degree of Miocene shale protection against the adverse effects of washing liquid and filtrate of cement slurries. On the basis of studies carried out, it was found, that the composition of fluids used for drilling in the areas of shallow Miocene occurrence, additional inhibitors of hydration of rocks or the use of more efficient inhibitors, resulted in better protection of the Miocene shale against the adverse effects of the filtrate from the cement slurry. It was also agreed that an important factor influencing the quality of cementing is the thickness of the filter cake formed on the wall of the hole.

Key words: quality of cementing, drilling fluid, dispersion analysis.

Wprowadzenie

W wielu otworach odwierconych na przedgórzu Karpat oraz w Karpatach bardzo częstym problemem jest występowanie ekshalacji gazowych. Główną przyczyną tego zjawiska są płytko zalegające horyzonty gazonośne występujące głównie w utworach miocenu autochtonicznego. Pomiar geofizyczne dowodzą występowania takich horyzontów już od głębokości 20÷40 m, tuż pod utworami czwartorzędu.

Problemy migracji gazu dotyczą głównie zakresu głębokości do około 600 m, ponieważ migracja z większych głębokości występuje sporadycznie [11].

Otwory dowiercane do warstw gazonośnych powinny charakteryzować się wyjątkową szczelnością płaszczki cementowego. Niekorzystnym zjawiskiem jest gaz migrujący wzdłuż otworu, który może przedostawać się do gruntu lub wód

gruntowych, oraz gaz przepływający z warstw gazonośnych o dużym ciśnieniu do warstw przepuszczalnych o niskim ciśnieniu, powodujący międzystrefowe rozszczelnienie otworu. Zabezpieczenie skał przed działaniem filtratu z zaczynu cementowego oraz dokładne wyparcie płuczki przez ciecz przemywającą i bufor podczas zabiegu cementowania jest

konieczne w celu wyeliminowania zjawiska ekshalacji gazu. Ze względu na to, że problem migracji w płytkim miocenie nie został dokładnie zbadany, w INiG – PIB prowadzone są badania laboratoryjne dotyczące m.in. wpływu płuczek wiertniczych na właściwości przewiercanych skał oraz wpływu dyspersji łupku mioceńskiego na stan zacementowania [10].

Warunki występowania migracji gazu

Objawami ekshalacji gazu często bywa wzrost ciśnienia i wypływ gazu w przestrzeniach międzyrurowych lub też podwyższenie koncentracji węglowodorów w warstwach przypowierzchniowych otworów wiertniczych. Dane literaturowe donoszą o około 25÷30 procentach otworów, które po pewnym czasie istnienia tracą szczelność i pojawia się w nich migracja gazu, najczęściej poza kolumną przewodnikową lub kolumną wstępną rur okładzinowych. Wraz ze starzeniem się odwiertu pojawia się podwyższone ciśnienie na zagłowiczeniu [3].

Wynikiem niekontrolowanej migracji gazu w przestrzeni pierścieniowej lub pozarurowej mogą być: erupcje płynu złożowego, przepływy gazu wewnątrz poziomów gazonośnych, deformacje rur okładzinowych, zanieczyszczenia wody pitnej, zagrożenia wybuchem pomieszczeń zamkniętych (studnie, piwnice), korozja rur okładzinowych, zanieczyszczenia środowiska [4].

Głównym czynnikiem przechodzenia gazu do zaczynu uszczelniającego jest spadek ciśnienia hydrostatycznego zaczynu uszczelniającego poniżej wartości ciśnienia złożowego w strefie gazonośnej. Drugi warunek to powstawanie dróg migracji gazu w obrębie zaczynu cementowego na jego kontakcie z rurami okładzinowymi lub ze skałą. Migracja gazu w przestrzeni pierścieniowej oraz pozarurowej poprzez obniżenie się ciśnienia hydrostatycznego zaczynu uszczelniającego jest związana z jego transformacją z fazy ciekłej przez żelową do stanu stałego (kamienia cementowego).

W pierwszym etapie, kiedy zaczyn występuje w fazie płynnej, ciśnienie hydrostatyczne słupa zaczynu cementowego jest przekazywane na ścianę otworu. Następnie zaczyn ulega żelowaniu, rozpoczyna się budowanie statycznej wytrzymałości strukturalnej i następuje redukcja ciśnienia hydrostatycznego słupa zaczynu cementowego do wartości ciśnienia hydrostatycznego wody zarobowej. Gdy ciśnienie hydrostatyczne słupa wody zarobowej spadnie poniżej wartości ciśnienia złożowego poziomu gazonośnego, nastąpi wtargnięcie gazu do przestrzeni pierścieniowej. Migracja gazu przez wiążący zaczyn uszczelniający jest możliwa do czasu, gdy zaczyn osiągnie wartość wytrzymałości strukturalnej uniemożliwiającej dalszy przepływ gazu przez zaczyn. Minimalna wartość wytrzymałości strukturalnej, która uniemożliwia przechodzenie gazu przez zaczyn, określona jest doświadczalnie i wynosi 240 Pa [12, 14, 15].

Na stopień uszczelnienia otworu ma również wpływ rodzaj zastosowanej płuczki, jej właściwości inhibitacyjne oraz skład i typ stosowanej cieczy przemywającej i zaczynu uszczelniającego. Na podstawie prowadzonych badań stwierdza się, iż jakość i ilość pozostawionego na ścianie osadu filtracyjnego decyduje o efektywności uszczelniania kolumny rur. Już we wstępnym etapie można uzyskać poprawę szczelności cementowania poprzez dobór składu i własności cieczy wiertniczych oraz zastosowanie właściwej metody usuwania osadu filtracyjnego [13].

Badania nad doбором odpowiednich składników płuczek wiertniczych i cieczy przemywających

Przyczyny niezadowalającej jakości cementowania mogą wynikać z niewystarczającego wyparcia płuczki wiertniczej i przemycia osadu filtracyjnego, niedostatecznej inhibicji hydratacji przewiercanych skał oraz negatywnego wpływu cieczy przemywającej, buforu i filtratu z zaczynu. Oddziaływanie filtratu z nieodpowiedniej płuczki wiertniczej powoduje naruszenie stabilności ścian otworu, co prowadzi do zmniejszenia wytrzymałości skały ilastej, zmiany jej objętości i dyspersji skały, na skutek czego może wystąpić zmniejszenie średnicy otworu i przyspieszenie erozji ścian otworu lub tworzenie kawern. Słabe zabezpieczenie skał przez płuczkę może mieć wpływ na

nieszczelność zacementowania otworu, z powodu hydratacji wywołanej filtratem cementowym po zatłoczeniu zaczynu cementowego. Wiążący zaczyn cementowy, adsorbując wodę z silnie uwodnionych skał, powoduje zmniejszanie ich objętości i po związaniu zaczynu tworzy pionowe nieszczelności.

Dobór odpowiednich składników płuczki wiertniczej w odniesieniu do danej skały jest możliwy na podstawie badań laboratoryjnych dyspersji, które pozwalają na ocenę wpływu płuczki wiertniczej, cieczy przemywających oraz filtratu z zaczynu cementowego na właściwości skał. Przeprowadzone badania dyspersji łupku mioceńskiego

w środowisku płuczek stosowanych przez serwisy płuczkowe na przedgórzu Karpat oraz wybranych płuczek wiertniczych, których składy zmodyfikowano w INiG – PIB, pozwoliły na ocenę wpływu tych płuczek na hydratację przewiercanego łupku mioceńskiego. Dalsze badania polegały na pomiarach dyspersji łupku po zastosowaniu wybranych płuczek oraz cieczy przemywających i zaczynów cementowych. Wyniki tych badań pozwoliły na ocenę, w jakim stopniu zastosowane w czasie wiercenia płuczki zabezpieczają skałę przed oddziaływaniem filtratu z zaczynu cementowego.

W celu odtworzenia płuczek o właściwościach zbliżonych do stosowanych w warunkach przemysłowych, płuczki sporządzone w laboratorium skażano zmielonym łupkiem mioceńskim imitującym zwierciny oraz rozdrobnionymi zwiercinami uzyskanymi z osadu z płuczek pobranych z aktualnie wierconych otworów. Zastosowanie zwiercin pochodzących z płuczek otworowych (tablica 1) umożliwiło uzyskanie parametrów odpowiadających takim płuczkom.

Pozostałe płuczki do badań dyspersji (tablice 2 i 3) sporządzano w laboratorium według przedstawionych składów.

Badania dyspersji w środowisku płuczek wiertniczych, a następnie cieczy przemywających i filtratów z zaczynów cementowych, wykonano również dla wybranych płuczek i zestawu cieczy przemywających oraz zaczynów cementowych stosowanych w warunkach przemysłowych.

Badania nad określeniem wpływu płuczek wiertniczych na właściwości przewiercanych skał i ich modyfikacja, ze szczególnym uwzględnieniem inhibitorów jonowych i polimerowych

Dobór odpowiedniej mineralizacji płuczki wiertniczej, właściwych polimerów kapsułujących i utrzymywanie odpowiedniej zawartości fazy stałej umożliwia ograniczenie niekorzystnych procesów fizykochemicznych zachodzących w układzie skała–ciecz. Dobór właściwych składników płuczki wiertniczej w odniesieniu do danej

Tablica 1. Wpływ płuczek stosowanych w warunkach przemysłowych na dyspersję łupku mioceńskiego

Lp.	Rodzaj płuczki	Parametry płuczki wiertniczej	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w płuczce – P_1 [%]	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w wodzie – P_2 [%]
1.	Płuczka bentonitowa I	Gęstość [kg/m ³] – 1,20 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 20 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 35 Filtracja [cm ³] – 5,8 pH – 9,5 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 12/25	20	0
2.	Płuczka bentonitowa II	Gęstość [kg/m ³] – 1,23 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 38 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 38 Filtracja [cm ³] – 6,0 pH – 9,5 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 15/30	24	0
3.	Płuczka beziłowa I	Gęstość [kg/m ³] – 1,30 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 24 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 25 Filtracja [cm ³] – 5,0 pH – 9,7 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/10	86	18
4.	Płuczka beziłowa II	Gęstość [kg/m ³] – 1,12 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 20 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 20 Filtracja [cm ³] – 4,0 pH – 9,7 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/8	82	14
5.	Płuczka beziłowa III	Gęstość [kg/m ³] – 1,16 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 20 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 24 Filtracja [cm ³] – 3,8 pH – 9,5 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 4/10	88	16

skały jest możliwy na podstawie badań laboratoryjnych dyspersji. Badanie dyspersji pozwala na ilościową ocenę inhibitacyjnych właściwości płuczki wiertniczej i umożliwia dobór jej optymalnego składu.

W tabelicy 1 zebrano wyniki badania dyspersji łupku mioceńskiego w środowisku płuczek stosowanych w warunkach przemysłowych. Uzyskane wyniki wskazują na słabe właściwości inhibitacyjne płuczki bentonitowej. W przypadku

Tablica 2. Wpływ wybranych płuczek wiertniczych sporządzonych w laboratorium, według składów stosowanych na przedgórzu Karpat, na dyspersję łupku mioceńskiego

Lp.	Rodzaj płuczki	Parametry płuczki wiertniczej	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w płuczce – P_1 [%]	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w wodzie – P_2 [%]	
1.	Biopolimer Skrobia kleikowana KCl Blokator węglanowy Baryt do 1,1 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,2 3,0 3,0 7,0 5,0	Gęstość [kg/m ³] – 1,10 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 18 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 21 Filtracja [cm ³] – 2,4 pH – 9,0 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/5	72	12
2.	Biopolimer Skrobia kleikowana KCl Blokator węglanowy Baryt do 1,1 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,2 3,0 5,0 7,0 5,0	Gęstość [kg/m ³] – 1,10 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 18 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 20 Filtracja [cm ³] – 2,6 pH – 9,0 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/5	82	16
3.	Biopolimer Skrobia kleikowana KCl Blokator węglanowy Baryt do 1,1 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,2 3,0 5,0 7,0 10,0	Gęstość [kg/m ³] – 1,11 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 19 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 22 Filtracja [cm ³] – 2,4 pH – 8,9 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 4/5	86	18
4.	Biopolimer KMC LV KCl PHPA Blokator węglanowy Baryt do 1,3 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,2 2,0 3,0 0,2 7,0 5,0	Gęstość [kg/m ³] – 1,30 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 41 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 38 Filtracja [cm ³] – 4,4 pH – 9,6 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 6/8	80	22
5.	Biopolimer KMC LV KCl PHPA Blokator węglanowy Baryt do 1,3 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,2 2,0 5,0 0,2 7,0 5,0	Gęstość [kg/m ³] – 1,30 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 40 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 38 Filtracja [cm ³] – 4,4 pH – 9,5 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 6/8	82	26
6.	Biopolimer KMC LV KCl PHPA Blokator węglanowy Baryt do 1,3 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,2 2,0 5,0 0,2 7,0 10,0	Gęstość [kg/m ³] – 1,31 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 42 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 39 Filtracja [cm ³] – 4,2 pH – 9,4 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 6/9	82	24
7.	Biopolimer KMC HV Skrobia kleikowana KCl Poliglikol Blokator węglanowy Baryt do 1,2 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,05 0,9 1,5 3,0 4,0 7,0 5,0	Gęstość [kg/m ³] – 1,20 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 31 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 28 Filtracja [cm ³] – 2,0 pH – 9,0 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/4	86	36

cd. Tablica 2.

Lp.	Rodzaj płuczki		Parametry płuczki wiertniczej	Wartość odzysku łupku miocenińskiego po dyspersji w płuczce – P_1 [%]	Wartość odzysku łupku miocenińskiego po dyspersji w wodzie – P_2 [%]
8.	Biopolimer	0,05	Gęstość [kg/m ³] – 1,20 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 30 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 27 Filtracja [cm ³] – 2,0 pH – 9,0 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/4	88	40
	KMC HV	0,9			
	Skrobia kleikowana	1,5			
	KCl	5,0			
	Poliglikol	4,0			
	Blokator węglanowy	7,0			
	Baryt do 1,2 g/cm ³				
	Zwierzyny (miocen)	5,0			
9	Biopolimer	0,05	Gęstość [kg/m ³] – 1,21 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 32 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 27 Filtracja [cm ³] – 1,8 pH – 8,8 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/4	88	42
	KMC HV	0,9			
	Skrobia kleikowana	1,5			
	KCl	5,0			
	Poliglikol	4,0			
	Blokator węglanowy	7,0			
	Baryt do 1,2 g/cm ³				
	Zwierzyny (miocen)	10,0			

Tablica 3. Wpływ wybranych płuczek wiertniczych sporządzonych w laboratorium, według składów zmodyfikowanych w INiG – PIB, na dyspersję łupku miocenińskiego

Lp.	Rodzaj płuczki		Parametry płuczki wiertniczej	Wartość odzysku łupku miocenińskiego po dyspersji w płuczce – P_1 [%]	Wartość odzysku łupku miocenińskiego po dyspersji w wodzie – P_2 [%]
1.	Biopolimer	0,05	Gęstość [kg/m ³] – 1,20 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 34 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 31 Filtracja [cm ³] – 1,6 pH – 9,0 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/4	94	56
	KMC HV	0,9			
	Skrobia kleikowana	1,5			
	KCl	5,0			
	Poliglikol 2	3,0			
	Emulgator	1,0			
	Blokator węglanowy	7,0			
	Baryt do 1,2 g/cm ³				
	Zwierzyny (miocen)	5,0			
2.	Biopolimer	0,05	Gęstość [kg/m ³] – 1,20 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 34 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 30 Filtracja [cm ³] – 1,2 pH – 9,0 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/4	96	60
	KMC HV	0,9			
	Skrobia kleikowana	1,5			
	KCl	7,0			
	Poliglikol 2	3,0			
	Emulgator	1,0			
	Blokator węglanowy	7,0			
	Zwierzyny (miocen)	5,0			
3.	Biopolimer	0,05	Gęstość [kg/m ³] – 1,21 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 36 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 32 Filtracja [cm ³] – 2,0 pH – 9,7 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/4	98	62
	KMC HV	0,9			
	Skrobia kleikowana	1,5			
	KCl	5,0			
	Poliglikol 2	3,0			
	Emulgator	1,0			
	Szkoło wodne	3,0			
	Blokator węglanowy	7,0			
	Zwierzyny (miocen)	5,0			

cd. Tablica 3.

Lp.	Rodzaj płuczki	Parametry płuczki wiertniczej	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w płuczce – P_1 [%]	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w wodzie – P_2 [%]
4.	Biopolimer KMC HV Skrobia kleikowana KCl Poliglikol 2 Emulgator Szkło wodne Blokator węglanowy Baryt do 1,2 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,05 0,9 1,5 7,0 3,0 1,0 3,0 7,0 5,0 Gęstość [kg/m ³] – 1,21 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 37 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 33 Filtracja [cm ³] – 1,8 pH – 9,6 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 3/4	98	68
5.	Biopolimer KMC LV KCl Poliglikol 2 Emulgator Blokator węglanowy Baryt do 1,3 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,2 2,0 5,0 3,0 1,0 7,0 5,0 Gęstość [kg/m ³] – 1,30 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 44 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 41 Filtracja [cm ³] – 3,8 pH – 9,6 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 6/8	94	64
6.	Biopolimer KMC LV KCl Poliglikol 2 Emulgator Blokator węglanowy Baryt do 1,3 g/cm ³ Zwierzyny (miocen)	0,2 2,0 7,0 3,0 1,0 7,0 5,0 Gęstość [kg/m ³] – 1,30 Lepkość plastyczna [mPa · s] – 45 Granica płynięcia [lb/100 ft ²] – 41 Filtracja [cm ³] – 3,6 pH – 9,5 Wytrzymałość strukturalna [lb/100 ft ²] – 6/8	94	66

płuczki beziłowej uzyskano stosunkowo wysoką wartość P_1 – 82÷88%, ale wartości P_2 po dyspergowaniu łupku mioceńskiego w wodzie wskazują na niedostateczne zabezpieczenie skały przed działaniem wody.

Podobne wyniki badań do otrzymanych w przypadku płuczki beziłowej z otworu, uzyskano dla dyspersji łupku mioceńskiego w środowisku wybranych płuczek wiertniczych stosowanych przez serwisy płuczkowe na przedgórzu Karpat (tablica 2). Jedynie w przypadku płuczki z dodatkiem poliglikolu uzyskano wyższe wartości P_2 dla badanego łupku mioceńskiego.

Po wprowadzeniu modyfikacji w składach płuczek, poprzez zastąpienie poliglikolu stosowanego w warunkach przemysłowych poliglikolem produkcji krajowej (poliglikol 2) z dodatkiem emulgatora lub zastosowanie dodatku szkła wodnego, uzyskano znacznie wyższe wartości odzysku łupku po dyspergowaniu w płuczce (P_1) i po dyspergowaniu w wodzie (P_2). Wartości P_1 dla łupku mioceńskiego w płuczках modyfikowanych wynoszą 94÷98%, natomiast P_2 – 56÷68%. Dzięki uzyskanym wynikom badań dyspersji łupku mioceńskiego w środowisku płuczek wiertniczych (tablice 1–3) można stwierdzić, że zastosowanie płuczek o większej efektywności

inhibicji hydratacji skał ilastych powinno przyczynić się do poprawy szczelności płaszcza cementowego przy cementowaniu w warstwach występowania miocenu.

Poprawę inhibicyjnych właściwości płuczek do przewiercania łupku mioceńskiego można uzyskać, między innymi poprzez zastosowanie dodatku KCl w zakresie 5÷7%, zastąpienie stosowanych inhibitorów hydratacji skał bardziej efektywnymi oraz zastosowanie układu dwóch inhibitorów polimerowych (organicznego – poliglikol, nieorganicznego – szkło wodne) obok inhibitora jonowego (KCl). Wysoka efektywność inhibicji łupku mioceńskiego jest szczególnie ważna ze względu na zabezpieczenie go przed niekorzystnym oddziaływaniem filtratu z zaczynu cementowego.

Badania dyspersji łupku mioceńskiego w środowisku cieczy stosowanych w warstwach miocenu podczas wiercenia i cementowania otworu

Wysoka efektywność inhibicji hydratacji skał ilastych przez płuczkę wiertniczą zapewnia ograniczenie niekorzystnego oddziaływania filtratu z zaczynu cementowego na ścianę otworu. Badanie dyspersji łupku mioceńskiego w środowisku płuczki wiertniczej, a następnie cieczy

stosowanych w trakcie zabiegu cementowania, pozwala na ocenę, w jakim stopniu stosowana w czasie wiercenia płuczka zabezpiecza skały przed hydratacją wywołaną przez filtrat z wiążącego zaczynu cementowego. Badania dyspersji tzw. „trójstopniowej” przeprowadzono w środowisku płuczki wiertniczej (P_1), a następnie cieczy przemywającej (wartość P_2) i filtratu z zaczynu cementowego (P_3). Do badań wybrano zaczyn cementowo-lateksowy z dodatkiem 20% mikrocementu.

W tablicy 4 i na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wyniki badania dyspersji łupku mioceńskiego w środowisku płuczek stosowanych w warunkach przemysłowych, a następnie – w środowisku cieczy stosowanych w czasie zabiegu cementowania. Uzyskane wyniki wskazują, że stosowane płuczki nie zabezpieczają w wystarczającym stopniu skały przed oddziaływaniem filtratu z zaczynu cementowego, wartości P_3 sięgają 18÷22% dla płuczki beziłowej, a w przypadku płuczki bentonitowej P_3 wynosi 0%. Lepsze zabezpieczenie skały uzyskano, stosując dodatek do cieczy przemywającej KCl w ilości 5% – wtedy wartości P_3 wynoszą ok. 14% dla płuczki bentonitowej i 40÷44% dla płuczki beziłowej.

Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań dyspersji „trójstopniowej” dla płuczek o składach stosowanych na przedgórzu Karpat (składy płuczek i ich właściwości przedstawiono

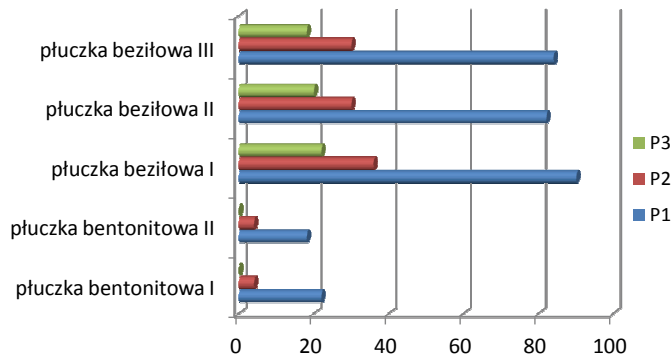
w tablicy 2). Najwyższy stopień zabezpieczenia skały przed niekorzystnym oddziaływaniem filtratu uzyskano dla płuczki zawierającej poliglikol w ilości 4% (poz. 7–9), wartości P_3 wynoszą 66÷70%. Płuczka zawierająca polimer kapsułujący typu PHPA (poz. 4–6, tablica 2) zabezpiecza łupek mioceński przed oddziaływaniem filtratu z zaczynu cementowego w mniejszym stopniu niż wyżej opisana płuczka glikolowa, wartości P_3 wynoszą 48÷52%. Płuczka zawierająca jedynie inhibitor jonowy KCl (poz. 1–3, tablica 2) w najniższym stopniu spośród wybranych do badań stosowanych w przemyśle płuczek zabezpiecza łupek mioceński przed oddziaływaniem filtratu z zaczynu cementowego (wartość P_3 w zakresie 30÷34%).

W składach płuczek (składy płuczek i ich właściwości przedstawiono w tablicy 3), w których zastąpiono poliglikol innym rodzajem poliglikolu (poliglikol 2) z dodatkiem emulgatora lub zastosowano dodatek szkła wodnego uzyskano znacznie wyższe wartości odzysku łupku po dyspergowaniu w filtracie z zaczynu cementowego. Wartości P_3 dla łupku mioceńskiego w płuczkach modyfikowanych (rysunek 4) wynoszą 78÷94%. Wyniki badań dyspersji łupku mioceńskiego w środowisku płuczek wiertniczych, a następnie cieczy stosowanych w czasie zabiegu cementowania, pozwalają stwierdzić, że zastosowanie płuczek

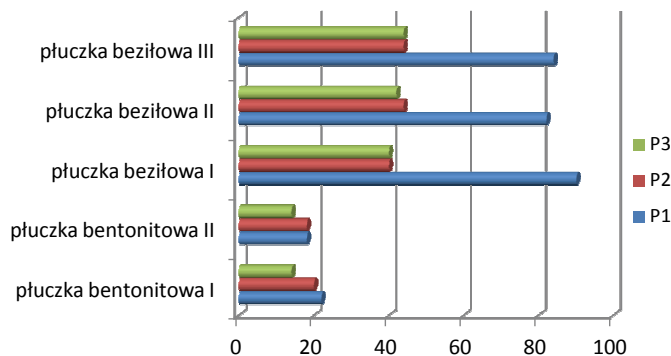
Tablica 4. Wpływ płuczek, cieczy przemywających i filtratu z zaczynu cementowego stosowanych w warunkach przemysłowych na dyspersję łupku mioceńskiego

Lp.	Rodzaj płuczki	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w płuczce – P_1 [%]	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w cieczy przemywającej – P_2 [%]	Wartość odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w filtracie z zaczynu cementowego – P_3 [%]	
1.	Płuczka bentonitowa I	22	1-procentowy roztwór środka przemywającego	4	0
			1-procentowy roztwór środka przemywającego + 5% KCl	20	14
2.	Płuczka bentonitowa II	18	1-procentowy roztwór środka przemywającego	4	0
			1-procentowy roztwór środka przemywającego + 5% KCl	18	14
3.	Płuczka beziłowa I	90	1-procentowy roztwór środka przemywającego	36	22
			1-procentowy roztwór środka przemywającego + 5% KCl	40	40
4.	Płuczka beziłowa II	82	1-procentowy roztwór środka przemywającego	30	20
			1-procentowy roztwór środka przemywającego + 5% KCl	44	42
5.	Płuczka beziłowa III	84	1-procentowy roztwór środka przemywającego	30	18
			1-procentowy roztwór środka przemywającego + 5% KCl	44	44

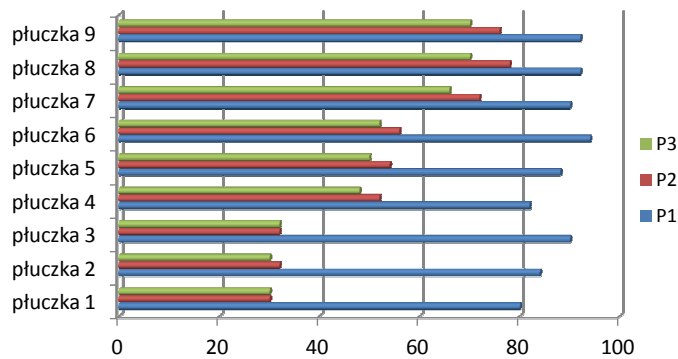
zawierających inhibitor hydratacji skał o większej efektywności zapewni lepsze wiązanie zaczynu cementowego ze skałą. Wstępnie przeprowadzone badania dyspersji łupku mioceńskiego w środowisku płuczek wiertniczych



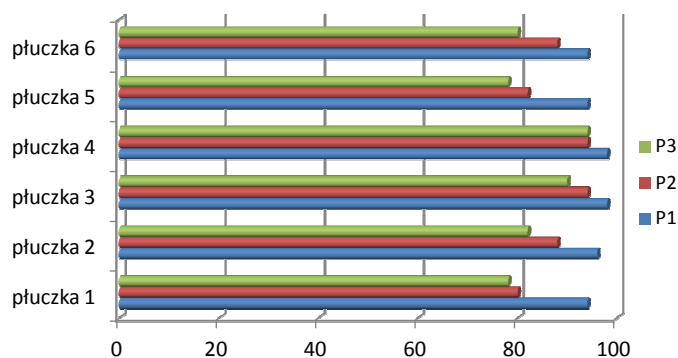
Rys. 1. Wartości odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w środowisku płuczek stosowanych w warunkach przemysłowych oraz cieczy przemywającej i zaczynu cementowego (płuczki z tablicy 4)



Rys. 2. Wartości odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w środowisku płuczek stosowanych w warunkach przemysłowych oraz cieczy przemywającej (1-procentowy roztwór środka przemywającego + 5% KCl) i zaczynu cementowego (płuczki z tablicy 4)



Rys. 3. Wartości odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w środowisku płuczek stosowanych na przedgórzu Karpat oraz cieczy przemywającej i zaczynu cementowego (płuczki z tablicy 2)



Rys. 4. Wartości odzysku łupku mioceńskiego po dyspersji w środowisku płuczek stosowanych na przedgórzu Karpat modyfikowanych przez zastosowanie efektywnych inhibitorów hydratacji skał oraz cieczy przemywającej i zaczynu cementowego (płuczki z tablicy 3)

wskazują na konieczność stosowania w rejonach występowania płytkiego miocenu systemów płuczkowych zawierających kilka typów (2 lub 3) inhibitorów hydratacji skał. Taka modyfikacja składów płuczek jest jednym z czynników, który w znacznym stopniu przyczyni się do poprawy wyników pomiarów stanu zacementowania.

Podsumowanie

Problematyka zapobiegania zjawisku migracji gazu jest skomplikowana i wymaga przeanalizowania wielu czynników mających wpływ na jakość cementowania. W artykule przedstawiono badania nad poprawą jakości cementowania w miocenie poprzez modyfikację właściwości i składów płuczek wiertniczych. Przeprowadzone badania dotyczyły przede wszystkim wpływu płuczek na hydratację łupku mioceńskiego oraz stopnia zabezpieczenia tej skały przez płuczkę przed niekorzystnym oddziaływaniem cieczy przemywających i filtratu z zaczynów cementowych.

Na skuteczność cementowania ma wpływ prawidłowo opracowany projekt oraz przeprowadzony zabieg

cementowania, jednak już na etapie wiercenia otworu można wpłynąć na poprawę szczelności cementowania poprzez odpowiedni dobór składu i właściwości cieczy wiertniczych. Rozpoznanie zjawisk zachodzących na kontakcie skała–płuczka wiertnicza, a następnie skała–ciecz przemywająca i skała–zaczyn cementowy umożliwia dobór cieczy wiertniczych do zabiegu cementowania zapewniających poprawę szczelności pomiędzy skałą a kamieniem cementowym. Poprzez wybór cieczy o odpowiednich właściwościach jesteśmy w stanie ograniczyć w znacznym stopniu powstawanie dróg migracji gazu na jego kontakcie z rurami okładzinowymi lub ze skałą.

Istnieje możliwość modyfikacji płuczki beziłowej w kierunku obniżenia grubości i poprawy wymywalności osadu filtracyjnego oraz poprawy właściwości inhibitorycznych płuczki, w celu zabezpieczenia skały przed niekorzystnym oddziaływaniem filtratu z zaczynu cementowego. Stosowanie w tym rejonie płuczek bentonitowych jest niekorzystne z powodu słabej inhibicji łupku mioceńskiego oraz tworzenia przez te płuczki grubego i trudno usuwalnego osadu filtracyjnego.

Zastosowanie w składzie płuczek dodatkowych inhi-

bitorów hydratacji skał lub użycie zamiast stosowanych inhibitorów bardziej efektywnych, przyczyni się do lepszego zabezpieczenia łupku mioceńskiego przed niekorzystnym oddziaływaniem filtratu z zaczynu cementowego. W przypadku zastosowania płuczek o niedostatecznych właściwościach inhibitorycznych istnieje możliwość zabezpieczenia łupku mioceńskiego poprzez użycie cieczy przemywającej wykazującej zdolność ograniczania niekorzystnego wpływu filtratu z zaczynu cementowego na przewiercającą skałę.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2014, nr 12, s. 899–907

Artykuł nadesłano do Redakcji 3.10.2014 r. Zatwierdzono do druku 21.10.2014 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy pt. *Analiza przyczyn ekshalacji gazu w rejonach płytkiego miocenu w strefach występowania warstw gazonośnych i wtórnych nagromadzeń gazu w otworze Przeworsk-17 oraz propozycje rozwiązań dla nowych otworów planowanych na złożu Przeworsk* – praca INiG na zlecenie PGNiG SA; nr zlecenia: 773/KW/13, nr archiwalny: DK-4100-113/13.

Literatura

- [1] Bol G. et al.: *Putting a stop to gas channeling*. Oilfield Review, April 1991, pp. 35–43.
- [2] Chilingarian G. V. et al.: *Environmental hazard and mitigation measures for oil and gas field operations located in urban settings*. Journal of Canadian Petroleum Technology, September 2003, pp. 32–36.
- [3] Ciechanowska M. i in.: *Ekshalacje gazu ziemnego – polsko-ukraiński problem przedgorza Karpat. Analiza i ocena zagrożeń ekshalacjami gazu*. Kraków 2008.
- [4] Dudek J., Dudek L., Klimek P.: *Badania ekshalacji gazu w rejonie złoża Przeworsk*. Konferencja Naukowo-Techniczna GEOPETROL, Zakopane 20–23.09.2004, Prace IGNiG nr 130, s. 931–935.
- [5] Endres B. et al.: *Environmental hazards of urban oilfield operations*. Journal of Petroleum Science and Engineering, September 1991, pp. 95–106.
- [6] Fornal J. i in.: *Doskonalenie zaczynów uszczelniających lekkich i ciężkich zapobiegających migracji gazu w przestrzeni pierscieniowej podczas wiązania cementu*. Dokumentacja INiG. Kraków 1996.
- [7] Fraser L., Griffin T. et al.: *Seamless Fluids Programs: A Key to Better Well Construction*. Oilfield Review, Summer 1996, pp. 42–56.
- [8] Gurevich A. E. et al.: *Gas migration from oil and gas fields and associated hazards*. Journal of Petroleum Science and Engineering, June 1993, pp. 223–238.
- [9] Gurevich A. E. et al.: *Subsidence over producing oil and gas fields, and gas leakage to the surface*. Journal of Petroleum Science and Engineering, June 1993, pp. 239–250.
- [10] Herman Z. i in.: *Poprawa skuteczności cementowania kolumn rur okładzinowych w wybranych rejonach przedgorza Karpat*. Dokumentacja INiG. Kraków 2004.
- [11] Herman Z., Zechenter J.: *Zapobieganie i likwidacja ekshalacji gazu ziemnego wokół otworów wiertniczych*. Dokumentacja IGNiG. Kraków 1996.
- [12] Kremieniewski M.: *Proces migracji gazu w trakcie wiązania zaczynu cementowego*. Nafta-Gaz 2011, nr 3, s. 175–181.
- [13] Rzepka M., Kremieniewski M., Debinska E.: *Zaczyny cementowe przeznaczone do uszczelniania eksploatacyjnych kolumn rur okładzinowych na Nizu Polskim*. Nafta-Gaz 2012, nr 8, s. 512–522.
- [14] Wojtanowicz A. K.: *Sustained casinghead pressure-occurrence and removal*. Wiertnictwo Nafta Gaz 2003, tom 20/1, s. 247–263.
- [15] Wojtanowicz A. K. et al.: *Gas Flow in Wells After Cementing*. Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, September 5, 2000.



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