

Grzegorz Zima, Małgorzata Uliasz, Sławomir Błaż, Bartłomiej Jasiński

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Rafał Wiśniowski, Sławomir Wysocki

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Nowe rodzaje inhibitorów i ich wpływ na właściwości hydratacyjne skał ilasto-łupkowych

W artykule przedstawiono wyniki badań przydatności nowych środków aminowych, kopolimerów i poliglikoli pod kątem zastosowania ich w płuczkach wiertniczych przeznaczonych do przewiercania skał ilastych. W oparciu o dane literaturowe przeanalizowano możliwości wykorzystania do wierceń w formacjach łupkowych obecnie stosowanych płuczek inhibitowanych. W dalszej części artykułu przedstawiono wyniki badań właściwości płuczek mających na celu wytypowanie nowych środków chemicznych spełniających rolę inhibitorów hydratacji skał w płuczkach wiertniczych przeznaczonych do przewiercania skał ilastych. Przeprowadzono badania parametrów reologicznych opracowanych płuczek, ich wpływu na dezintegrację i pęcznienie wzorcowej skały ilastej (łupki mioceni) oraz badania odporności termicznej, odporności na skażenie jonami jedno- i wielowartościowymi. Na podstawie uzyskanych wyników zaproponowano składy płuczek wiertniczych charakteryzujących się odpowiednimi parametrami technologicznymi oraz skuteczną inhibicją hydratacji skał ilastych.

Słowa kluczowe: płuczka wiertnicza, poliglikol, związki aminowe, dyspersja, pęcznienie.

The new types of inhibitors and their impact on the hydration of shale rocks

The paper presents the results of the usefulness of new amines, copolymers and polyglycols, for their application in drilling fluids earmarked for drilling shale rocks. Based on literature data, the possibility of currently used drilling muds for application in shale formations was analyzed. Later in the article, the results of research intended to select new chemicals used as inhibitors for hydration of the rocks in drilling muds for shale are presented. Studies of rheological parameters, their impact on the disintegration and swell of standard sample (Miocene) and research thermal resistance, resistance to contamination ions, single- and multi-valued were carried out. Based on the results obtained, drilling fluids characterized by the appropriate technological parameters and effective hydration inhibition of shale rocks were proposed.

Key words: drilling mud, polyglycol, amine compounds, dispersion, swelling.

Wprowadzenie

Zastosowanie efektywnych układów inhibitorów hydratacji skał jest niezbędne przy pozyskiwaniu węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych. Ze względu na właściwości przewierczanych skał, płuczki używane do wiercenia powinny charakteryzować się zdolnością zapobiegania dyspersji oraz pęcznieniu minerałów ilastych zawartych w skałach. Środki wykorzystywane w składach płuczek wykazują różne mechanizmy działania, a wspólną ich cechą jest wywołanie zjawisk fizykochemicznych prowadzących do utrzy-

mania stabilności ściany otworu. Do przewiercania skał ilastych zalecane są płuczki polimerowo-potasowe, glikolowe, krzemianowe, o tzw. potrójnym systemie inhibicji (w tym płuczka typu HPWBM – *High Performance Water Based Mud*) i inne [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Płuczka potasowo-polimerowa posiada tzw. „podwójny system inhibicji”. W płuczce tej podstawowymi środkami chemicznymi wykazującymi zdolność do ograniczania hydratacji skał ilastych są: chlorek potasu jako inhibitor jono-

wy oraz polimer wielkocząsteczkowy jako inhibitor polimerowy (PHPA) [2]. Do płuczek o podwójnym inhibitowaniu jonowo-polimerowym zaliczana jest również płuczka glikolowo-potasowa. Funkcję inhibitora polimerowego spełnia w niej niejonowy polimer – poliglikol, KCl jest inhibitorem jonowym [3, 4]. Podstawowym składnikiem płuczki krzemianowej jest rozpuszczalny w wodzie krzemian sodu lub potasu zwany zwyczajowo „szkłem wodnym” [5, 7]. Płuczka

o wysokim stopniu inhibicji, określana w literaturze jako HPWBM, zawiera w swoim składzie sól potasową oraz dwa polimery, tj. polimer wielkocząsteczkowy służący do kapsułowania ścian otworu wiertniczego, który – adsorbując się na powierzchni skał – tworzy membranę (film) ograniczającą przenikanie wody w formacje skalne oraz polimer o niskiej masie cząsteczkowej (najczęściej związek aminowy) przeciwdziałający pęcznieniu skał ilasto-lupkowych [2, 3, 8, 12].

Płuczki do przewiercania skał ilastych stosowane w warunkach przemysłowych

Efektywne układy inhibitorów hydratacji skał charakteryzują się zdolnością zapobiegania dyspersji oraz pęcznieniu minerałów ilastych zawartych w skałach. Ponadto zapewnienie odpowiedniego poziomu inhibicji przeciwdziała pogorszeniu przewodności hydraulicznej łupków w strefie złożowej.

Płuczka potasowo-polimerowa posiada tzw. „podwójny system inhibicji”. W płuczce tej podstawowymi środkami chemicznymi wykazującymi zdolność do ograniczania hydratacji skał ilastych są: chlorek potasu jako inhibitor jonowy oraz polimer wielkocząsteczkowy jako inhibitor polimerowy. Najczęściej stosowanym polimerowym inhibitorem hydratacji skał ilastych jest częściowo hydrolizowany poliakryloamid (PHPA). To polimer typu anionowego, który w wyniku oddziaływania pomiędzy dodatnio naładowanymi krawędziami cząstek ilastych i ujemnie naładowanymi grupami karboksylowymi polimeru tworzy cienką powłokę stanowiącą przeszkodę dla migracji filtratu z płuczki. Polimery tego typu nazywane są polimerami kapsułującymi [2, 3].

W niektórych rejonach wierceń występują skały ilaste szczególnie wrażliwe na działanie wody. W ich przypadku zaleca się stosowanie płuczki kationowej, której podstawowymi składnikami są dwa polimery kationowe: mało- i wielkocząsteczkowy. Mechanizm inhibitującego działania polimerów kationowych polega na tym, że wiążą się one siłami elektrostatycznymi z ujemnie naładowaną powierzchnią skały ilastej, neutralizując jej ładunek ujemny. Analizy dyspersji skał ilastych w środowisku płuczki kationowej wykazały jej dobre właściwości inhibitujące; odzyski skał po dyspergowaniu w płuczce kationowej osiągały wartości bliskie 100% [2, 3, 11].

Do płuczek o podwójnym inhibitowaniu jonowo-polimerowym zaliczana jest również płuczka glikolowo-potasowa. Funkcję inhibitora polimerowego spełnia w niej niejonowy polimer – poliglikol, KCl jest inhibitorem jonowym. Bezilo- wa płuczka glikolowo-potasowa ze względu na małe uszkodzenie przepuszczalności skał zbiornikowych może być stosowana do dowiercania poziomów produktywnych. Inhibujące działanie płuczki na skały ilaste tłumaczy się przenikaniem powstających w podwyższonej temperaturze i mineralizacji kropelek poliglikolu do porów skał i łączeniem poliglikolu

z łem za pomocą wiązań wodorowych. Istotną rolę w procesie inhibicji przez poliglikol odgrywają również jony K^+ na skutek synergetycznego oddziaływania z poliglikolem [2, 4].

Przy wierceniu z zastosowaniem płuczki krzemianowej uzyskuje się efektywne inhibitowanie hydratacji skał ilasto-lupkowych, szczególnie mikroszczelinowatych. Podstawowym składnikiem płuczki krzemianowej jest rozpuszczalny w wodzie krzemian sodu lub potasu, zwany zwyczajowo „szkłem wodnym”. Właściwości szkła wodnego zależą od jego modułu określanego jako stosunek molowy dwutlenku krzemu do tlenku sodu ($n = SiO_2 : Na_2O$). Mechanizm inhibitującego działania płuczki krzemianowej polega na tworzeniu nieprzepuszczalnego żelu kwasu krzemowego na powierzchni skał na skutek zetknięcia się płuczki z wodami złożowymi o niskim pH oraz na reakcji krzemianów z wielowartościowymi jonami, w wyniku której powstają nierozpuszczalne osady. Badania dyspersji skały ilastej w środowisku płuczek krzemianowych opracowanych w INiG – PIB oraz AGH i Poszukiwaniach Naftowych „Diamant” wykazały jej wysoką skuteczność inhibicji hydratacji skał. Odzyski łupku eoceńskiego po dyspersji w środowisku tej płuczki wynosiły nawet do 100% [2, 3, 5, 9].

Płuczka o wysokim stopniu inhibicji, określana w literaturze jako HPWBM (*High Performance Water Based Mud*) zawiera w swoim składzie sól potasową oraz dwa polimery, tj. polimer wielkocząsteczkowy służący do kapsułowania ścian otworu wiertniczego, który – adsorbując się na powierzchni skał – tworzy membranę (film) ograniczającą przenikanie wody w formacje skalne, oraz polimer o niskiej masie cząsteczkowej (najczęściej związek aminowy) przeciwdziałający pęcznieniu skał ilasto-lupkowych. Właściwości inhibicyjne tej płuczki porównywane są z płuczka olejowodyspersyjną, ponadto charakteryzuje się ona odpowiednimi właściwościami smarnymi [2, 3, 8, 12].

Dobór odpowiednich parametrów inhibicyjnych płuczek wiertniczych do przewiercania łupków ilastych, które są jednocześnie skałą macierzystą i zbiornikową, ma duże znaczenie ze względu na skłonność tego rodzaju skał do adsorpcji wody powodującej ich hydratację. W wyniku niekontrolowanej hydratacji wywołanej fizykochemicznym oddziaływaniem filtra-

tu z płuczki wiertniczej na skały ilasto-łupkowe zostaje naruszona struktura krystaliczna minerałów, a tym samym – równowaga statyczna skał w otworze wiertniczym. Prowadzi ona do zmniejszenia wytrzymałości skały ilastej, zwiększenia jej objętości i dyspersji, a także do powstania naprężeń hydratacyjnych w skale, skutkiem czego może wystąpić zmniejszenie średnicy otworu, przyspieszenie erozji ścian otworu lub tworzenie kawern. Hydratacja tych skał powoduje także pogorszenie przewodności hydraulicznej skał strefy przyodwiertowej, ograniczając przepływ płynów złożowych do otworu. Sprzy-

ja również powstawaniu nadmiaru beżużytecznej fazy stałej w płuczce wiertniczej i tym samym – niekorzystnej zmianie jej parametrów reologicznych [4, 11, 12].

Jak wskazują doświadczenia przemysłowe oraz analiza dostępnej literatury, niektóre ze stosowanych płuczek wiertniczych (w tym opracowane na przestrzeni ostatnich lat przez krajowe ośrodki badawcze: AGH, INiG – PIB), po przeprowadzeniu modyfikacji ich składu i właściwości, mogą znaleźć zastosowanie do wierceń przy pozyskiwaniu gazu ze złóż niekonwencjonalnych.

Badania laboratoryjne

W ramach projektu przeprowadzono badania płuczek o podwójnym i potrójnym inhibitowaniu (inhibitory jonowe, poliglikol, szkło wodne, środki aminowe, alkoksylowany butanol) w zakresie doboru ilości i rodzaju skutecznych inhibitorów hydratacji skał pod kątem określenia ich wpływu na minerały ilaste.

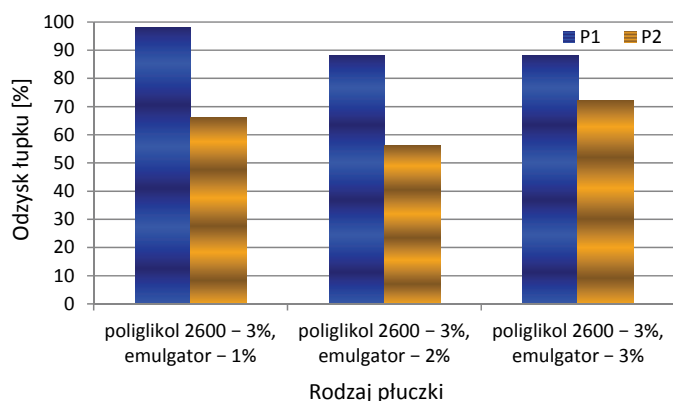
Stosowane w przemyśle, jako inhibitory hydratacji skał, poliglikole to głównie polimery tlenku etylenu o różnych masach cząsteczkowych. Użyty w badaniach poliglikol, będący kopolimerem tlenku etylenu i tlenku propylenu, posiada większą masę cząsteczkową. Istniała zatem konieczność doboru odpowiedniego rodzaju i ilości emulgatora zapewniającego zdyspergowanie poliglikolu w płuczce wiertniczej. Uzyskane wyniki zebrano w tablicy 1.

Przeprowadzone badania parametrów technologicznych opracowanej płuczki zawierającej poliglikol 2600 oraz wyniki badania jej wpływu na dezintegrację łupku miocenińskiego wskazują na możliwość zastosowania jej do przewiercania formacji łupkowych. Uzyskane wysokie wartości odzysku łupku (tablica 1, rysunek 1) $P_1 = 88 \div 98\%$ i $P_2 = 56 \div 72\%$ świadczą o dobrym zabezpieczeniu skał ilastych przed hydratacją przez badane płuczki.

W ramach projektu podjęto również próbę opracowania nowego rodzaju płuczek potrójnie inhibitowanych (tablica 2). W tym celu pozyskano nową substancję będącą alkoksylową pochodną butanolu (G3000). Natomiast użyty do badań środek aminowy jest czwartorzędową solą amoniową alkoksylowanej aminy tłuszczowej (amina-IVrz). Parametry tech-

Tablica 1. Właściwości płuczek wiertniczych z dodatkiem poliglikolu 2600 i emulgatora

Oznaczenie płuczki	Skład płuczki [%]		Gęstość ρ [kg/m ³]	Lepkość [mPa · s]		Granica płynięcia τ_y [Pa]	Wytrzymałość strukturalna [Pa] I/II	Filtracja [cm ³]	pH
				η_{pl}	η_s				
1	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol 2600 Emulgator Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,20 5,00 3,00 1,00 7,00	1070	20	36,0	15,3	4,3/6,7	2,0	9,2
2	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol 2600 Emulgator Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,20 5,00 3,00 2,00 7,00	1070	16	24,5	8,1	0,96/1,9	2,0	9,4
3	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol 2600 Emulgator Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,20 5,00 3,00 3,00 7,00	1070	16	24,0	7,6	0,96/1,9	1,8	9,4



Rys. 1. Wyniki analizy dyspersyjnej łupku miocénskiego w środowisku płuczki z dodatkiem poliglikolu 2600 i emulgatora

nologiczne opracowanych płuczki o potrójnej inhibicji również wskazują na możliwość zastosowania ich do wierceń w formacjach łupkowych, a uzyskane wartości odzysku

łupku miocénskiego, szczególnie wartość P_2 (tablica 2, rysunek 2), świadczą o wysokim stopniu inhibicji skał ilasto-łupkowych. Wyniki badań przedstawiono w tablicy 2 oraz na rysunku 2.

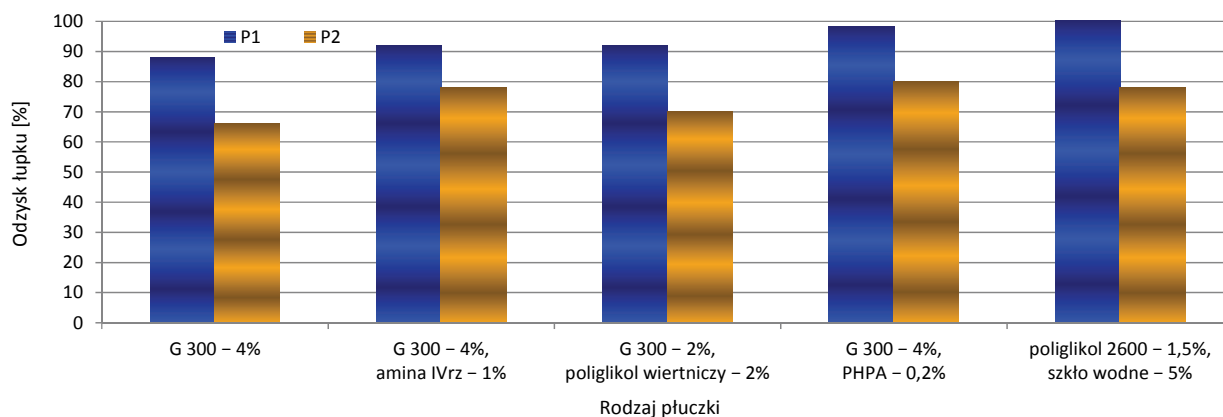
W dalszej części badań przeprowadzono porównanie wpływu wybranych płuczki, zawierających różne inhibitory hydratacji skał, na dyspersję oraz pęcznienie wzorcowej skały – łupku miocénskiego. Pomiar dyspersji pozwala określić ilościowy odzysk skały po dyspergowaniu jej w płuczce (P_1), a następnie w wodzie (P_2). Pomiar pęcznienia polega na wyznaczeniu procentowego przyrostu objętości skały pod wpływem działania płuczki. Badania dyspersji skały w środowisku analizowanych płuczki przeprowadzono w dwóch temperaturach: 20 i 60°C. Po analizie uzyskanych wyników stwierdzono, że nie istnieje ścisła korelacja pomiędzy wynikami analizy dyspersyjnej (rysunki 3 i 4) a wynikami pęcznienia (rysunki 5 i 6) skały. Wykonano badania lepkości pla-

Tablica 2. Właściwości płuczki wiertniczej podwójnie i potrójnie inhibitowanych z dodatkiem różnych inhibitorów

Oznaczenie płuczki	Skład płuczki [%]		Gęstość ρ [kg/m ³]	Lepkość [mPa · s]		Granica płynięcia τ_y [Pa]	Wytrzymałość strukturalna [Pa]	Filtracja [cm ³]	pH
				η_{pl}	η_s				
1	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl G 3000 Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,20 5,00 4,00 7,00	1070	11	18,0	6,7	1/1,4	2,0	9,4
2	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl G 3000 Amina-IVrz Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,20 5,00 4,00 1,00 7,00	1070	14	24,0	9,6	1,9/2,4	2,8	9,4
3	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl G 3000 Poliglikol wiert. Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,20 5,00 2,00 2,00 7,00	1070	14	22,5	8,1	1,4/1,9	3,2	9,4
4	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl G 3000 Polimer typu PHPA Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,20 5,00 4,00 0,20 7,00	1070	18	30,0	11,5	1,9/2,4	3,2	9,4
5	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol 2600 Szkoło wodne sodowe Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,20 5,00 1,50 5,00 7,00	1080	15	29,5	14,4	2,9/3,9	12,0	11,4

Tablica 3. Właściwości płuczek wiertniczych podwójnie i potrójnie inhibitowanych z dodatkiem różnych inhibitorów

Oznaczenie płuczki	Skład płuczki [%]		Gęstość ρ [kg/m ³]	Lepkość [mPa · s]		Granica płynięcia τ_y [Pa]	Wytrzymałość strukturalna [Pa]	Filtracja [cm ³]	pH
				η_{pl}	η_s		I/II		
A	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol 2100 Emulgator Polimer typu PHPA Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,15 5,00 1,00 3,00 0,20 7,00	1070	20	31,5	11,5	1,8/2,5	2,0	9,0
B	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol 2600 Emulgator Polimer typu PHPA Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,15 5,00 1,00 3,00 0,20 7,00	1070	25	41,5	16,5	3,5/3,6	2,0	9,1
C	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl G 3000 Polimer typu PHPA Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,15 5,00 4,00 0,20 7,00	1070	16	25,0	9,0	1,4/1,8	3,2	9,0
D	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol wiert. 1 Polimer typu PHPA Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,15 5,00 4,00 0,20 7,00	1070	18	27,5	9,5	1,6/1,9	3,6	9,0
E	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol wiert. 1 Szkło wodne sodowe Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,15 5,00 2,00 2,00 7,00	1070	13	19,5	6,5	1,5/1,9	11,6	11,1
F	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Szkło wodne sodowe Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,15 5,00 2,00 7,00	1080	15	21,0	6,0	1,5/1,9	6,4	11,2
G	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol wiert. 2 Polimer typu PHPA Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,15 5,00 4,00 0,20 7,00	1080	19	31,0	12,0	1,9/2,3	2,4	9,1
H	Biocyd Skrobia kleikowana Żywica ksantanowa KCl Poliglikol wiert. 2 Amina IV-rz Blokator węglanowy	0,10 3,00 0,15 5,00 4,00 1,00 7,00	1080	14	23,5	9,5	1,9/2,6	2,0	9,2

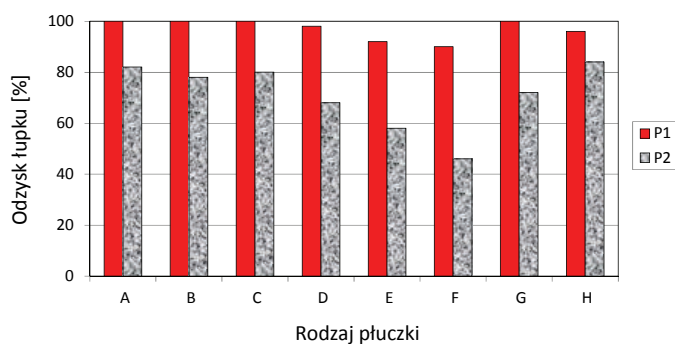


Rys. 2. Wyniki analizy dyspersyjnej łupku miocenińskiego w środowisku płuczek potrójnie inhibitowanych

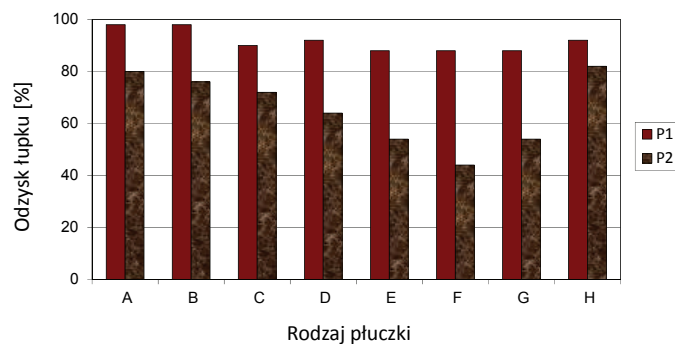
stycznej, pozornej, granicy płynięcia, wytrzymałości strukturalnej oraz filtracji opracowanych płuczek. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w tabelicy 3.

Uzyskane wyniki pęcznienia wskazują, że opracowane płuczki (oznaczone jako: A, B, C, D, E) charakteryzują się

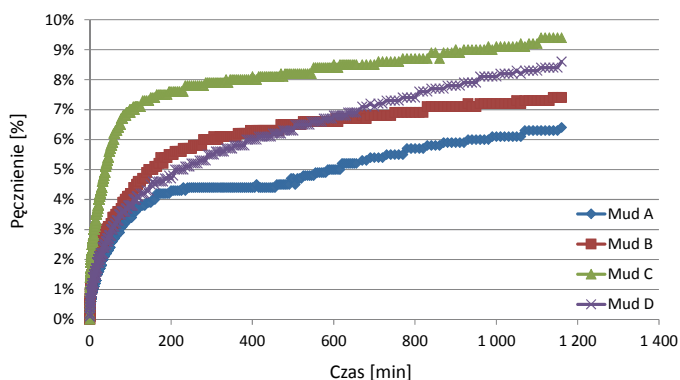
bardzo dobrą zdolnością ograniczania pęcznienia łupku miocenińskiego. Zmierzone pęcznienie łupku dla tych płuczek nie przekroczyło 10%. Przy czym najlepszy wynik zanotowano dla płuczki oznaczonej jako A. Pęcznienie łupku miocenińskiego w płuczках oznaczonych jako F, G, H wyniosło 12÷18%.



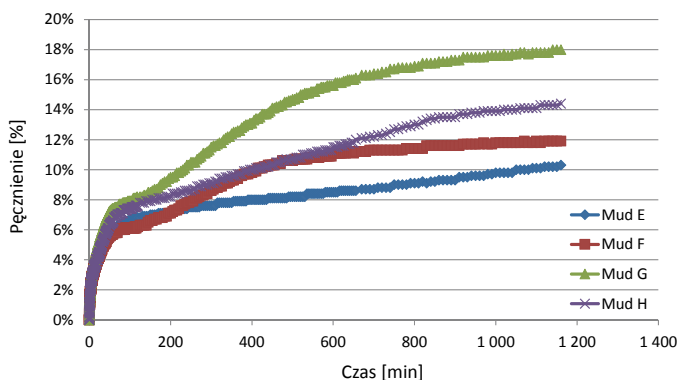
Rys. 3. Wyniki analizy dyspersyjnej łupku miocenińskiego w środowisku opracowanych płuczek w temperaturze 20°C



Rys. 4. Wyniki analizy dyspersyjnej łupku miocenińskiego w środowisku opracowanych płuczek w temperaturze 60°C



Rys. 5. Wyniki pęcznienia liniowego łupku miocenińskiego w środowisku opracowanych płuczek A, B, C, D (według tabelicy 3)



Rys. 6. Wyniki pęcznienia liniowego łupku miocenińskiego w środowisku opracowanych płuczek E, F, G, H (według tabelicy 3)

Podsumowanie

Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły na pozyskanie nowych skutecznych inhibitorów hydratacji skał ilastych, które znalazły zastosowanie w składach płuczek wiertniczych do przewiercania miocenijskich formacji łup-

kowych. Opracowano składy płuczek podwójnie i potrójnie inhibitowanych, w których rolę inhibitorów pełnią: inhibitor jonowy KCl, poliglikol, alkoksylowa pochodna butanolu, szkło wodne oraz środek aminowy (czwartorzędo-

wa sól amoniowa alkoksylowanej aminy tłuszczowej). Wysoką skuteczność dobranych inhibitorów potwierdziły badania dyspersji skał ilastych w środowisku opracowanych płuczek w temperaturze pokojowej i temperaturze 60°C, odzyski skały po dyspersji w płuczce (P_1) osiągają wartości 100% lub bliskie 100%, a po dyspersji w wodzie (P_2) 60÷70%. Pomimo braku ścisłej korelacji pomiędzy wyni-

kami analizy dyspersyjnej i pęcznienia łupku miocenińskiego dla większości badanych płuczek dobre wyniki dyspersji znajdują potwierdzenie w niskich wartościach pęcznienia. Brak zależności pomiędzy wynikami tych dwóch badań potwierdza natomiast konieczność ich kontynuacji w celu uzyskania pełnej charakterystyki właściwości inhibitorycznych płuczek.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2017, nr 1, s. 36–42, DOI: 10.18668/NG.2017.01.04

Artykuł nadesłano do Redakcji 2.11.2016 r. Zatwierdzono do druku 29.11.2016 r.

Artykuł powstał na podstawie projektu Blue Gas pt. *Optymalizacja parametrów wierceń, w tym dóbr technologii wiercenia, narzędzi, płynów wiertniczych i cementowania otworów pionowych i horyzontalnych dla eksploatacji złóż gazu łupkowego finansowanego przez NCBiR*; nr zlecenia: 6114/KW/14, nr archiwalny: DK-4100-14.

Literatura

- [1] Beims T.: *Next-generation systems optimize WBM performance in horizontal shale plays*. American Oil & Gas Reporter 2010, vol. 53, nr 8, s. 78–91.
- [2] Błaż S.: *Badania laboratoryjne nad opracowaniem składu płuczki wiertniczej do przewiercania formacji łupkowych*. Nafta-Gaz 2013, nr 2, s. 123–133.
- [3] Błaż S.: *Nowa generacja płuczek wiertniczych do przewiercania reaktywnych skał ilastych*. Nafta-Gaz 2010, nr 5, s. 390–398.
- [4] Chudoba J., Uliasz M., Raczkowski J., Pawłowski J.: *Przemysłowe zastosowanie płuczek glikolowo-potasowych*. Konferencja Naukowo-Techniczna GEOPETROL 2000 nt. „Problemy naukowo-badawcze i rozwojowe poszukiwań i eksploatacji złóż gazu ziemnego i ropy naftowej”. Zakopane 25–28.09.2000. Prace IGNiG 2000, nr 110, s. 483–488.
- [5] Chudoba J., Uliasz M., Zima G.: *Płuczka wiertnicza z dodatkiem szkła wodnego o różnych modulach*. XI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Nowe Metody i Technologie w Geologii Naftowej, Wiertnictwie, Eksploatacji Otworowej i Gazownictwie”. Kraków 29–30.06.2000. Tom I, s. 59–61.
- [6] Deville J.P., Fritz B., Jarrett M.: *Development of water-based drilling fluids customized for shale reservoirs*. SPE 140868, s. 1–8, Texas, USA, 2011.
- [7] Fritz B., Jarrett M.: *Potassium silicate-treated water-based fluid: An effective barrier to instability in the Fayetteville shale*. IADC/SPE 151491, s. 1–6, California, USA, 2012.
- [8] Hoover E., Trener J.: *High-performance WBM optimizes efficiency in demanding Vicksburg wells*. American Oil & Gas Reporter 2008, vol. 29, nr 8, s. 71–74.
- [9] Raczkowski J., Chudoba J., Uliasz M.: *Nowe rodzaje płuczek wiertniczych wodnodispersyjnych do przewiercania warstw ilasto-łupkowych*. Nafta-Gaz 2000, nr 1, s. 23–28.
- [10] Uliasz M.: *Nowe aplikacje w zakresie udostępniania i eksploatacji złóż węglowodorów otworami kierunkowymi i poziomymi. Płuczki wiertnicze w technologii wiercenia otworów kierunkowych i poziomych*. Prace INiG 2008, nr 152, s. 99–148.
- [11] Uliasz M.: *Wpływ polimerów kationowych na inhibitujące właściwości płuczek wiertniczych*. Prace IGNiG 2000, nr 107.
- [12] Uliasz M.: *Wykorzystanie związków aminowych w technologii płuczek wiertniczych*. Nafta-Gaz 2010, nr 7, s. 577–585.



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



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



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



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



Prof. dr hab. inż. Rafał WIŚNIEWSKI
Profesor nadzwyczajny
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica,
Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków
E-mail: wisniows@agh.edu.pl



Dr Sławomir WYSOCKI
Adiunkt na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu.
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków
E-mail: swysocki@agh.edu.pl