

## Wpływ cieczy przemywających na jakość zacementowania rur po użyciu płuczek wiertniczych o różnych mechanizmach inhibitowania hydratacji

### Influence of washer fluids on the quality of casing cementation after using drilling muds with various mechanisms of hydration inhibition

Bartłomiej Jasiński, Małgorzata Uliasz, Grzegorz Zima, Sławomir Błaż

*Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

**STRESZCZENIE:** Jednym z najważniejszych wymogów stawianych przed zabiegiem cementowania kolumn rur okładzinowych jest to, aby stwardniały zaczyn cementowy tworzył maksymalnie szczelne i trwałe połączenie między rurami a skałą. Mimo dużego postępu w technice cementowania, jak i coraz bardziej nowoczesnych składów stosowanych zaczynów cementowych ciągle zdarzają się nieudane zabiegi, szczególnie w utworach ilastych i zailonych. W trakcie przewiercania tego typu skał niekontrolowana hydratacja wywołana fizykochemicznym oddziaływaniem filtratu z nieodpowiednio zastosowanej płuczki wiertniczej może powodować naruszenie stateczności ściany otworu przez zachodzenie zjawiska dyspersji lub pęcznienia, dlatego stosuje się płuczki wiertnicze zawierające w składzie związki chemiczne mające za zadanie maksymalne ograniczenie niekorzystnego zjawiska pęcznienia minerałów ilastych. Utworzony na ścianie otworu osad korzystnie wpływa na proces wiercenia, jednak może być przyczyną gorszej przyczepności kamienia cementowego po zabiegu cementowania rur okładzinowych. Artykuł przedstawia wyniki badań laboratoryjnych nad sformułowaniem składu cieczy przemywających pozwalających uzyskać wysoką jakość zacementowania kolumn rur okładzinowych po stosowaniu przy wierceniu płuczek wiertniczych zawierających różne inhibitory hydratacji skał ilastych: lateks, glikol, poliaminę. Do oceny skuteczności działania poszczególnych cieczy przemywających wykorzystano nowatorską metodykę badawczą polegającą na zastosowaniu cylindrycznych rdzeni skalnych. Na rdzeniach tych wytwarzano osad płuczkowy w warunkach otworopodobnych, używając aparatu Grace M2200 oraz specjalnie przystosowanej do tego komory HPHT. Następnie próbki poddawano przemywaniu za pomocą cieczy zawierających różne środki powierzchniowo czynne, a na końcu cementowano. Zacementowane próbki rdzeni skalnych były sezonowane w temperaturze 20°C oraz 50°C przez okres dwóch i siedmiu dni, po czym mierzono siłę potrzebną do zerwania przyczepności na kontakcie stwardniałego zaczynu cementowego ze skałą. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła wytypować środki, których użycie zapewniło najwyższą efektywność w usuwaniu osadu wytworzonego przez płuczkę wiertniczą.

Słowa kluczowe: płuczka wiertnicza, ciecz przemywająca, cementowanie, osad filtracyjny.

**ABSTRACT:** One of the main criteria to be met prior to the cementing the casing pipe column is that the hardened cement slurry should form the most tight and durable connection between the pipes and the rock. Despite the great progress in both the cementing technique and the increasingly modern compositions of the cement slurries used, unsuccessful treatments still occur, especially in clay and silt formations. When drilling through this type of rock, uncontrolled hydration caused by the physicochemical influence of the filtrate from improperly applied drilling mud may disturb the stability of the borehole wall through dispersion or swelling phenomena. This is why drilling fluids containing chemical compounds are used to minimize the unfavorable phenomenon of mineral swelling. The sediment formed on the wall of the hole has a positive effect on the drilling process, but it may lead to deteriorated adhesion of the cement stone after cementing of the casing pipes. The article presents the results of laboratory studies on the formulation of washer fluids to achieve high-quality cementation of casing columns after the use of drilling muds containing various hydration inhibitors of clay rocks: latex, glycol, polyamine. An innovative research methodology based on the use of cylindrical rock cores was used to assess the effectiveness of washer fluids. On these cores, a filter cake was produced in borehole-like conditions, using the Grace M2200 apparatus and a specially adapted HPHT chamber. The samples were then washed with liquids containing various surfactants and finally cemented. The cemented rock core samples were seasoned at 20°C and 50°C for two and seven days, and then the force needed to break the adhesion on the contact of the hardened cement slurry with the rock was measured. The analysis of the obtained results made it possible to select the agents the use of which ensures the highest efficiency in removing the sediment produced by the drilling mud.

Key words: drilling mud, washer fluid, cementing, filter cake.

---

Autor do korespondencji: B. Jasiński, e-mail: [bartlomiej.jasinski@inig.pl](mailto:bartlomiej.jasinski@inig.pl)

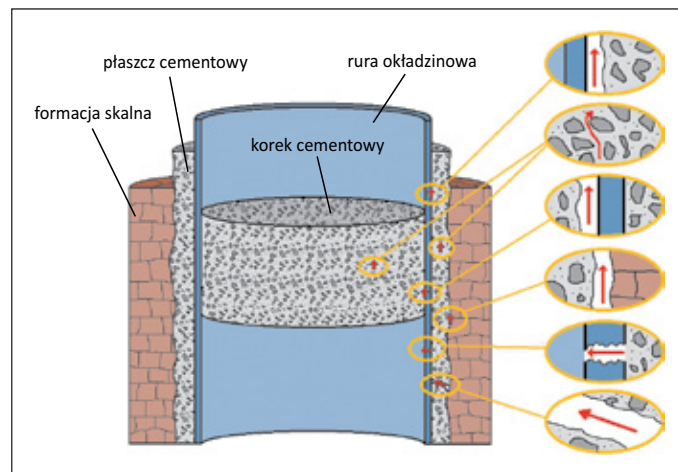
Artykuł nadesłano do Redakcji: 29.12.2022 r. Zatwierdzono do druku: 06.03.2023 r.

## Wprowadzenie

Jednym z najbardziej istotnych etapów zabiegu cementowania rur okładzinowych jest należyte przygotowanie otworu wiertniczego przed zatłoczeniem zaczynu cementowego. Aby uzyskać wymaganą szczelność połączenia płaszczu cementowego ze ścianą otworu oraz rurami okładzinowymi, należy zadbać o prawidłowe oczyszczenie przestrzeni pierścieniowej z pozostałości płuczki wiertniczej, w przeciwnym wypadku może dojść do powstania mikroszczeliny (Yu et al., 2007; Kmiec et al., 2018; Kremieniewski, 2018; Boyou et al., 2019; Kremieniewski et al., 2021). Brak szczelności połączenia może skutkować powstawaniem szeregu problemów, takich jak na przykład pozarurowe migracje gazu ziemnego, które to rozpatrywane są w aspekcie wpływu na bezpieczeństwo, ochronę środowiska i przepisy prawne (Jasiński, 2016) (rysunek 1). Mimo coraz bardziej zaawansowanej technologii cementowania otworów wiertniczych, zarówno pod względem środków technicznych, jak i nowoczesnych składów stosowanych zaczynów cementowych, ciągle zdarzają się nieudane zabiegi cementowania, a szczególnie często problem nieszczelności dotyczy odwiertów wykonanych w rejonie przedgórza Karpat (Gawlik i Szymczak, 2006; Błaż, 2013; Jasiński, 2016).

Skuteczność oczyszczenia przestrzeni pierścieniowej z resztek płuczki wiertniczej zależy od kilku czynników, a jednym z nich są parametry reologiczne i skład chemiczny zastosowanej płuczki. Skład płuczki wiertniczej i zastosowane w niej inhibitory hydratacji skał ilastych mają znaczny wpływ na trwałość osadu płuczki i jego podatność na wymywanie. Wyniki badań potwierdzają, że polimerowo-potasowa płuczka wiertnicza, w której składzie jako inhibitory zastosowano chlorek potasu oraz polimer kapsułujący PHPA, tworzy osad mający mniejszy wpływ na późniejszą przyczepność stwardniałego zaczynu cementowego niż płuczka, w której jednym z inhibitorów hydratacji jest glikol (Sifferman i Becker, 1992; Saasen i Løklingholm, 2002; Jasiński, 2016).

Ważnymi czynnikami mającymi wpływ na skuteczność oczyszczenia przestrzeni pierścieniowej otworu są czas przemywania oraz rodzaj przepływu cieczy przemywającej. Najczęściej czas kontaktu mieści się w granicach od 2 do 15 minut i zależy głównie od rodzaju osadu, objętości przepływu cieczy, warunków otworowych i innych (Okrajni i Azar, 1986; Saasen i Løklingholm, 2002; Błaż, 2017). Z uwagi na niską lepkość cieczy przemywających odpowiednio wysoka objętość przepływu jest w stanie wywołać przepływ turbulentny (przy liczbie Reynoldsa wyższej niż 2300). Taki rodzaj przepływu jest bardziej skuteczny w oczyszczaniu przestrzeni pierścieniowej z pozostałości płuczki niż przepływ laminarny. Należy jednak zaznaczyć, że ten rodzaj przepływu cieczy może skutkować obniżeniem ciśnienia w otworze, dlatego dobierając wydatek



**Rysunek 1.** Drogi migracji gazu w zacementowanym otworze wiertniczym

**Figure 1.** Gas migration paths in a cemented borehole

pomp, trzeba uwzględnić warunki geologiczne, jak na przykład słabo związane struktury (Wiśniowski et al., 2020).

## Rodzaje mechanizmów inhibicji hydratacji w zastosowanych płuczках wiertniczych

W większości rejonów kraju, w których prowadzone są prace poszukiwawcze, przekrój jednostek geologicznych odznacza się przewagą skał ilasto-lupkowych. W tego typu skałach niekontrolowana hydratacja wywołana fizykochemicznym oddziaływaniem filtratu z nieodpowiednio zastosowanej płuczki wiertniczej może powodować naruszenie stateczności ściany otworu przez zachodzenie zjawiska dyspersji lub pęcznienia. Aby temu zapobiec, wykorzystuje się płuczki wiertnicze bazujące na kilku mechanizmach inhibitowania skał ilastych. Łączą one w swoim działaniu inhibitowanie jonowe oraz inhibitowanie polimerowe. Inhibitowanie jonowe wymaga zastosowania w składzie płuczki związków chemicznych będących źródłem kationów mogących wchodzić w reakcję wymiany jonowej z minerałami ilastymi. Najczęściej wykorzystywane są jony potasu. Inhibitowanie polimerowe zapewniane jest przez obecność polimeru kapsułującego PHPA, tworzącego na powierzchni przewiercanych skał cienką warstwę zapobiegającą wnikanii filtratu z płuczki (Raczkowski i Półchłopek, 1998).

Drugim rodzajem stosowanych polimerów są poliglikole, które przenikając do skały ilastej pod wpływem różnicy ciśnień i procesów dyfuzyjnych, w wyższych temperaturach tworzą emulsję wypełniającą pory w skale oraz wytwarzają warstwę hydrofobową blokującą migrację filtratu do skały (McMurry, 2010; Uliasz, 2012, 2013; Błaż, 2013; Zima et al., 2017). Dane literaturowe, a także otrzymane wyniki badań wskazują, że największą skutecznością inhibitowania hydratacji skał ilastych

wyróżniają się poliglikole o masie cząsteczkowej w granicach około 1000–2000. Występują one w postaci stałej lub lepkiej cieczy rozpuszczalnych w wodzie słodkiej o temperaturze pokojowej, wykazując ze wzrostem temperatury inwersję wzajemnej rozpuszczalności (Uliasz i Chudoba, 2000; Uliasz et al., 2006; Uliasz i Herman, 2007).

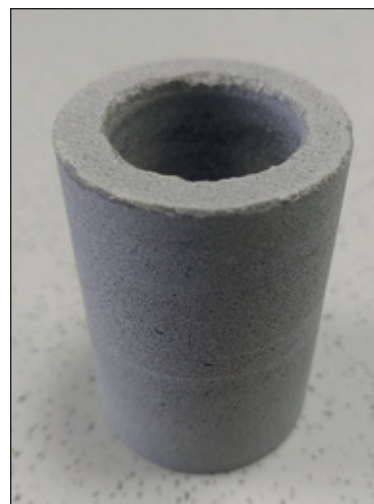
Kolejną nową grupą środków pełniących rolę inhibitora są polimery zawierające grupy aminowe – kationowe inhibitory polimerowe. Cząsteczki kationowych inhibitorów polimerowych wypełniają przestrzenie międzypakietowe minerałów ilastych i wiążą się z wewnętrznymi powierzchniami pakietów. Takie oddziaływanie inhibitora polimerowego obniża podatność skał ilasto-łupkowych na adsorpcję wody, ograniczając tym samym ich pęcznienie (Uliasz, 2000, 2010, 2011; Patel et al., 2001; Lv et al., 2014; Xie et al., 2017; Uliasz et al., 2018).

Zastosowanie w technologii wiertniczej znalazł również lateks. Jest to wodna zawiesina polimeru węglowodorowego występująca naturalnie w niektórych gatunkach drzew lub wytwarzana syntetycznie. Emulsje lateksowe są od wielu lat z powodzeniem stosowane w składach zaczynów cementowych. Lateks w zaczynie cementowym służy głównie do kontroli filtracji oraz ograniczania migracji gazu. W składach płuczek wiertniczych dodatek lateksu wpływa na zmniejszenie filtracji poprzez wytwarzanie na powierzchni skał łupkowych odkształcalnego uszczelnienia. Uszczelnienie jest uważane za półprzepuszczalne, jeżeli częściowo blokując przenikanie płuczki wiertniczej w matrycę skały, wpływa na zmianę ciśnienia osmotycznego. W niektórych przypadkach lateks dodawany do płuczki wiertniczej łącznie z kompleksem glinowym może wpływać na zmniejszenie przenikania ciśnienia porowego skał łupkowych. Ograniczenie wzrostu ciśnienia, pod jakim płuczka wiertnicza wnika w matrycę skały łupkowej, jest jednym z ważniejszych czynników decydujących o zachowaniu stabilności ścian otworu wiertniczego (Tare et al., 2000; Morton et al., 2005; Ramirez et al., 2007; Arambulo et al., 2015; Błaż, 2018).

### Metodyka badania przyczepności kamienia cementowego do skały

Podczas badań laboratoryjnych, których celem było określenie stopnia uszczelnienia przestrzeni pierścieniowej na kontakcie kamień cementowy–skała, stosowano próbki piaskowca cergowskiego. Użyte próbki piaskowca wycięte zostały w kształcie cylindra o średnicy zewnętrznej 38 mm, średnicy wewnętrznej 25 mm oraz wysokości około 57 mm (rysunek 2).

W celu odwzorowania warunków otworowych oraz uzyskania jednakowych warunków dla wytwarzania osadów z płuczek wiertniczych na powierzchni, wycięte uprzednio rdzenie przetrzymywano przez 3 godziny w roztworze NaCl o stężeniu



Rysunek 2. Rdzeń wycięty z piaskowca

Figure 2. Core cut from sandstone



Rysunek 3. Komora HPHT

Figure 3. HPHT cell



Rysunek 4. Uchwyt do mocowania próbki

Figure 4. Sample holder

5%, a następnie poddawano suszeniu w temperaturze 105°C. Osad płuczkowy wytwarzany był na wewnętrznej powierzchni próbki przy użyciu specjalnie skonstruowanej komory HPHT (rysunek 3) umożliwiającej osiągnięcie wysokiego ciśnienia i temperatury, współpracującej z aparatem Grace M2200 HPHT. Proces tworzenia osadu rozpoczął się od umieszczenia cylindrycznej próbki w uchwycie (rysunek 4), gdzie następnie była ona doszczelniana gumowymi uszczelkami. Następnie zabezpieczano go poprzez dokręcenie stalowym pierścieniem, uniemożliwiającym przesunięcie lub obrót próbki. Kolejny uchwyt z zamocowaną próbką wkręcano do komory HPHT, do której nalewano około 400 cm<sup>3</sup> płuczki wiertniczej. Całość była przykręcana do gniazda aparatu Grace M2200, gdzie na wale obrotowym zamocowany był rotor symulujący ruch

przewodu wiertniczego w otworze i nadający płuczkę ruch wirowy. Proces wytwarzania osadu na ścianie próbki charakteryzował się następującymi parametrami:

- temperatura płuczki: 20°C;
- ciśnienie płuczki: 100 psi (0,69 MPa);
- prędkość obrotowa rotora: 250 obr/min;
- czas tworzenia osadu: 30 min.

Po fazie tworzenia osadu następowała faza jego wymywania z zastosowaniem badanych cieczy. Płuczkę wiertniczą usuwano z komory, po czym nalewano około 400 cm<sup>3</sup> cieczy przemywającej. Następnie powtarzano cały cykl – z tą różnicą, że czas wymywania wynosił 15 minut.

Po wypłukaniu osadu płuczkowego za pomocą cieczy przemywającej przystępowano do kolejnego etapu badań, których celem było określenie efektywności uszczelnienia przestrzeni pierścieniowej na kontakcie kamień cementowy–skała. Badania te oparto na pomiarze przyczepności kamienia cementowego do próbki skały.

Próbka piaskowca w kształcie cylindra nasadzana była na stalową podkładkę i uszczelniana. Następnie zalewano otwór w próbce zaczynem cementowym (rysunek 5), którego recepturę i właściwości przedstawiono w tabeli 1. Próbkę sezonowano w temperaturze 20°C i 50°C w otoczeniu wody przez okres 2 oraz 7 dni. Po okresie sezonowania do rdzenia cementowego przykładano rosnące obciążenie przy użyciu maszyny wytrzymałościowej, aż do momentu zerwania przyczepności pomiędzy rdzeniem cementowym a piaskowcem.

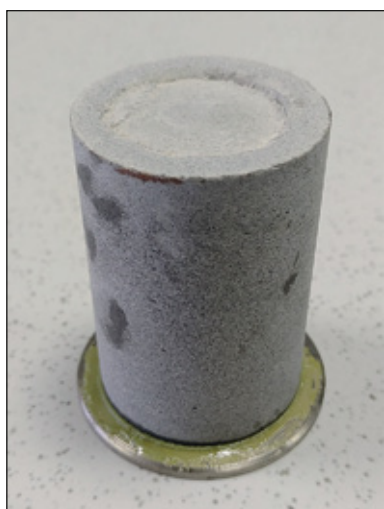
Po każdym pomiarze siły potrzebnej do zerwania przyczepności pomiędzy kamieniem cementowym a skałą należało obliczyć przyczepność wyrażoną w paskalach, według wzoru (1):

$$\sigma_p = P/s \text{ [Pa]} \quad (1)$$

gdzie:

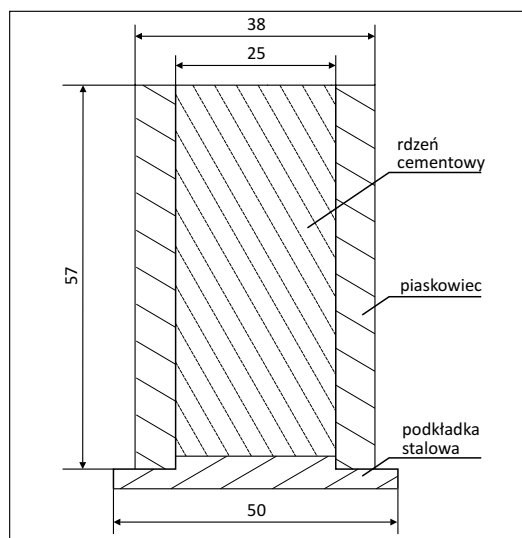
$P$  – siła nacisku powodująca zerwanie połączenia kamienia cementowego ze skałą [N],

$s$  – powierzchnia styku próbki skały z kamieniem cementowym [m<sup>2</sup>].



Rysunek 5. Cylindryczna próbka z piaskowca zalana zaczynem cementowym

Figure 5. Cylindrical sandstone sample filled with cement slurry



Rysunek 6. Przekrój próbki zalanej zaczynem cementowym

Figure 6. Cross-section of a sample filled with cement slurry

Tabela 1. Receptura i parametry zaczynu cementowego stosowanego w badaniu przyczepności na kontakcie kamień cementowy–skała

Table 1. Recipe and parameters of the cement slurry used in the test of adhesion at the cement stone-rock contact

Skład zaczynu		Parametry zaczynu							
Woda	w/c – 50%	Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]							1,82
KCl	1,50% bwow	Rozlewność [mm]							230
Defpol	0,30% bwoc	Lepkość plastyczna [mPa · s]							72
PSP 031	0,15% bwoc	Granica płynięcia [Pa]							17,7
Melkret	0,30% bwoc	Wytrzymałość strukturalna [Pa]							14,4
CaCl <sub>2</sub>	1,00% bwoc	Filtracja [cm <sup>3</sup> /30 min]							160
Cement I 42,5 R	100%	Czas gęstnienia do 35 Bc [h:min]							3:58
		Czas gęstnienia do 100 Bc [h:min]							5:28
Odczyty wiskozymetru [20°C]	600	300	200	100	60	30	6	3	
	170	109	86	61	52	44	35	30	

Siła nacisku (P) była odczytywana bezpośrednio ze wskaźnika maszyny wytrzymałościowej, natomiast powierzchnia styku skały z kamieniem cementowym wynikała z geometrii cylindrycznej próbki zalewanej zaczynem cementowym:

$$s = \pi \cdot d \cdot h \text{ [m}^2\text{]} \quad (2)$$

gdzie:

$d$  – średnica wewnętrzna cylindrycznej próbki [m],

$h$  – wysokość stwardniałego zaczynu cementowego wewnątrz cylindrycznej próbki [m].

Z rysunku 6 można odczytać wymiary próbki, w tym średnicę wewnętrzną cylindra, będącą jednocześnie średnicą zewnętrzną stwardniałego zaczynu cementowego. Wymiar ten ma wartość 25 mm. Z kolei drugi wymiar potrzebny do obliczenia powierzchni styku, a więc wysokość stwardniałego zaczynu cementowego, był mierzony indywidualnie dla każdej próbki z uwagi na występujące różnice.

### Wyniki badań

W pierwszym etapie realizacji pracy opracowano skład bazowej płuczki wiertniczej, która następnie była modyfikowana przez dodatek środków inhibitujących hydratację skał ilastych: lateks, glikol oraz poliaminę. Płuczka bazowa charakteryzowała się lepkością plastyczną równą 27 mPa · s, granicą płynięcia wynoszącą 13,9 Pa oraz filtracją o wartości 4,4 cm<sup>3</sup> (tabela 2).

Zmodyfikowanie składu płuczki bazowej za pomocą polimerowych inhibitorów hydratacji miało niewielki wpływ na parametry reologiczne oraz wartość filtracji (rysunek 7), jednak znacznie wpłynęło na zdolność płuczek do inhibitowania. Na rysunku 8 przedstawiono wyniki pomiaru dyspersji łupku mioceńskiego z użyciem badanych płuczek. Można zauważyć, że zastosowane w badaniach inhibitory zapewniały bardzo zróżnicowaną ochronę przed pęcznieniem skał ilastych. Najlepsze rezultaty otrzymano w przypadku płuczki, w której substancją zabezpieczającą skały ilaste przed pęcznieniem była poliamina. Odzysk łupku mioceńskiego w temperaturze 50°C kształtował się na poziomie 96% po sześciogodzinnym oddziaływaniu płuczki oraz 86% po dwugodzinnym oddziaływaniu wody. Dobrymi właściwościami inhibicyjnymi charakteryzowała się również płuczka, w której składzie zastosowano glikol – odzysk łupku po oddziaływaniu płuczki wyniósł 94%, natomiast po oddziaływaniu wody było to 30%. Najmniej efektywnymi pod względem inhibicji hydratacji skał ilastych okazały się płuczka bazowa oraz płuczka z dodatkiem lateksu. O ile płuczki te charakteryzowały się dość wysokimi wartościami odzysku łupku po sześciogodzinnym oddziaływaniu (w obu przypadkach 76%), to po dwugodzinnym oddziaływaniu wody niemal cała skała uległa rozpadowi.

Kolejnym etapem realizacji zadania było przeprowadzenie wstępnej selekcji środków powierzchniowo czynnych ze względu na ich efektywność usuwania osadu filtracyjnego. W tym celu wytworzono osady filtracyjne z bazowej płuczki

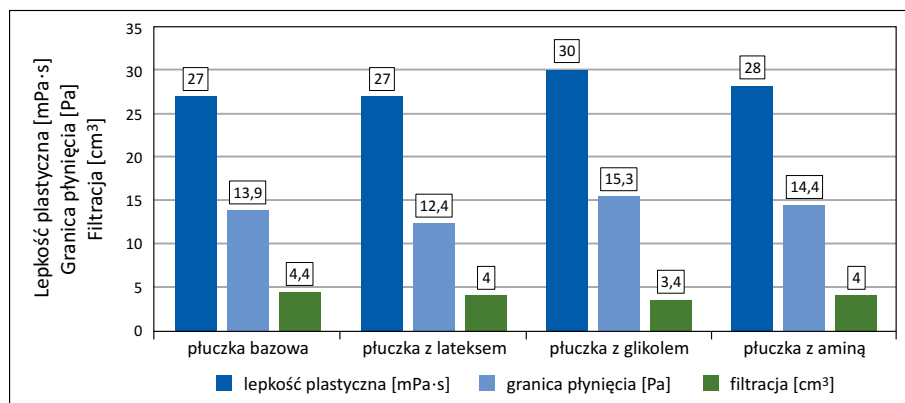
**Tabela 2.** Skład i parametry płuczek zastosowanych do badań

**Table 2.** Composition and parameters of muds used during the tests

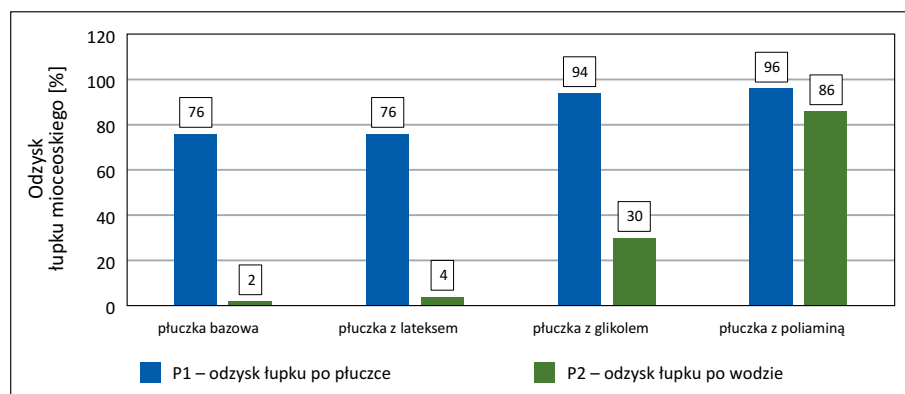
Skład płuczki		Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	Lepkość [mPa · s]		Granica płynięcia [Pa]	Wytrzymałość strukturalna I / II [Pa]	Filtracja API [cm <sup>3</sup> ]	pH
			$\eta_{pl}$	$\eta_s$	$\tau_y$			
<b>Płuczka bazowa</b>								
Biocyd	0,1%	1,12	27	41,5	13,9	2,3 / 3,4	4,4	9,1
Biopolimer	0,2%							
CMC LV	2,0%							
PAC R	0,2%							
KCl	5,0%							
Blokator węglanowy	5,0%							
Zwierzyny	10,0%							
NaOH								
<b>Płuczka z lateksem</b>								
Biocyd	0,1%	1,12	27	40,0	12,4	2,2 / 3,2	4,0	9,2
Biopolimer	0,2%							
CMC LV	2,0%							
PAC R	0,2%							
KCl	5,0%							
Blokator węglanowy	5,0%							
Zwierzyny	10,0%							
NaOH								
Lateks	3,0%							

cd. Tabela 2/cont. Table 2

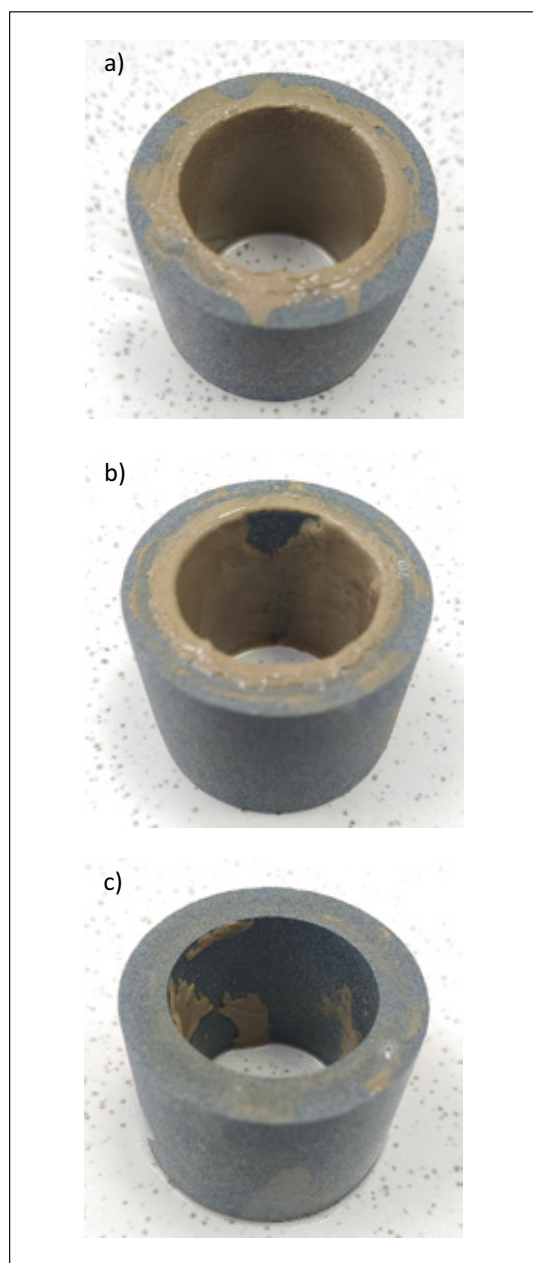
Skład płuczki	Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	Lepkość [mPa·s]		Granica płynięcia [Pa]	Wytrzymałość strukturalna I / II [Pa]	Filtracja API [cm <sup>3</sup> ]	pH
		$\eta_{pl}$	$\eta_s$	$\tau_y$			
<b>Płuczka z glikolem</b>							
Biocyd	0,1%	1,12	30	46,0	15,3	2,3 / 3,2	3,4
Biopolimer	0,2%						
CMC LV	2,0%						
PAC R	0,2%						
KCl	5,0%						
Blokator węglanowy	5,0%						
Zwierzyny	10,0%						
NaOH							
Glikol	4,0%						
<b>Płuczka z poliaminą</b>							
Biocyd	0,1%	1,12	28	43,0	14,4	2,2 / 3,0	4,0
Biopolimer	0,2%						
CMC LV	2,0%						
PAC R	0,2%						
KCl	5,0%						
Blokator węglanowy	5,0%						
Zwierzyny	10,0%						
NaOH							
Poliamina	3,0%						



**Rysunek 7.** Wykres przedstawiający zależność parametrów reologicznych i filtracji od rodzaju inhibitora  
**Figure 7.** Graph showing the relationship between rheological parameters and filtration on the type of inhibitor



**Rysunek 8.** Wyniki pomiaru dyspersji łupku mioceńskiego  
**Figure 8.** Results of shale dispersion measurements



**Rysunek 9.** Osad bazowej płuczki wiertniczej po przemywaniu 5-proc. roztworem niejonowego surfaktantu z grupy etoksyloowanych alkoholi tłuszczowych przez: a) 5 minut, b) 10 minut, c) 15 minut

**Figure 9.** Filter cake of the base drilling mud after washing with a 5% solution of a non-ionic surfactant from the group of ethoxylated fatty alcohols: a) 5 minutes, b) 10 minutes, c) 15 minutes

wiertniczej na ośmiu próbkach, które następnie umieszczano w cieplarni w podwyższonej temperaturze (50°C), aby osad wysechł i uległ stabilizacji. Tak przygotowane próbki poddano wmywaniu w komorze HPHT przy zastosowaniu ośmiu cieczy przemywających, przy czym siedem z nich stanowiło wodne roztwory poszczególnych środków powierzchniowo czynnych, a ósmą cieczą była woda. Przemywanie każdą z cieczy było przerywane co 5 minut, próbki były wyciągane z komory, a następnie oceniano stopień usunięcia osadu. Sumaryczny

czas przemywania każdej próbki wynosił 15 minut. Podczas wstępnych badań sprawdzono sześć środków z rodziny jonowych i niejonowych środków powierzchniowo czynnych (wodne roztwory o stężeniu 5%), jeden środek stosowany obecnie w przemyśle wiertniczym (wodny roztwór o stężeniu 1%) oraz wodę.

Na rysunku 9 przedstawiono wyniki przemywania osadu filtracyjnego jednym z zastosowanych roztworów. Po 5 minutach oddziaływania osad filtracyjny był rozmiękczony przez zastosowaną ciecz, jednak bez widocznych śladów jego erozji. Po 10 minutach oddziaływania dało się zauważyć niewielkie ubytki osadu, zaś po 15 minutach przemywania osad filtracyjny został usunięty z około 90% powierzchni.

Po wstępnej selekcji do końcowego etapu badań zakwalifikowano cztery rodzaje cieczy przemywających: ciecz A – 1-proc. roztwór środka używanego obecnie w przemyśle wiertniczym, ciecze B oraz C – 5-proc. roztwory niejonowych surfaktantów z grupy etoksyloowanych alkoholi tłuszczowych, ciecz D – 5-proc. roztwór anionowego surfaktantu z grupy alkilosiarczanów.

#### **Badanie przyczepności na kontakcie kamień cementowy–skała**

Ostatni etap badań laboratoryjnych stanowiło badanie przyczepności na kontakcie stwardniały zaczyn cementowy–skała. Było to najważniejsze badanie pozwalające określić skuteczność wmywania osadów płuczki przez przygotowane cieczy przemywające. Pierwszym krokiem było wyznaczenie przyczepności bazowej, do której odnoszono wyniki kolejnych badań. W celu jej określenia rdzenie wycięte z piaskowca zostały zalane zaczynem cementowym z pominięciem etapu tworzenia osadu i przemywania w cieczy przemywającej.

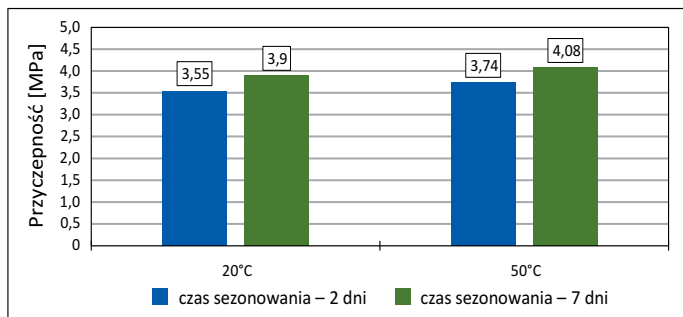
W tabeli 3 oraz na rysunku 10 przedstawione zostały wartości przyczepności bazowej (lub też przyczepności odniesienia) uzyskanej w temperaturach 20°C oraz 50°C po dwu- i siedmiodniowym sezonowaniu. Można zauważyć, że nieco wyższe wyniki przyczepności kamienia cementowego do skały otrzymano po sezonowaniu w wyższej temperaturze.

Na rysunkach 11–12 przedstawiono wyniki pomiaru przyczepności po wytworzeniu na rdzeniach osadu z płuczki bazowej. Jak można było przypuszczać, wartości przyczepności bez zastosowania cieczy przemywającej były bardzo niskie – o prawie 90% niższe niż przyczepność bazowa. Najwyższy stopień usunięcia osadu filtracyjnego osiągnięto przy użyciu cieczy B. W temperaturze 20°C przyczepność była niższa od bazowej jedynie o 8% w próbce sezonowanej przez 2 dni oraz o 7% niższa w próbce sezonowanej 7 dni. W temperaturze 50°C wartości przyczepności były niższe o odpowiednio 11%

**Tabela 3.** Bazowa przyczepność na kontakcie kamień cementowy-skała

**Table 3.** Base adhesion at the cement stone-rock contact

Temperatura [°C]	20		50	
Czas sezonowania [dni]	2	7	2	7
Wysokość rdzenia cementowego [mm]	53	54	53	54
Siła zerwania przyczepności [kN]	7,9	8,2	4,2	4,8
Przyczepność na kontakcie kamień cementowy-skała [MPa]	3,55	3,90	3,74	4,08

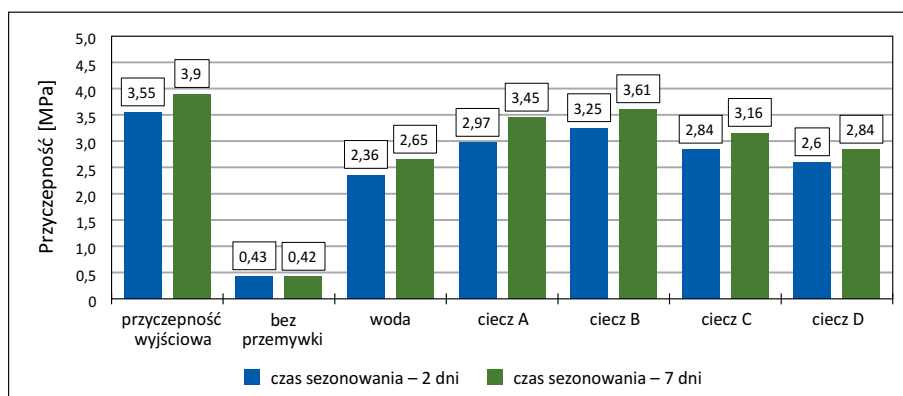


**Rysunek 10.** Bazowa przyczepność na kontakcie kamień cementowy-skała

**Figure 10.** Base adhesion at the cement stone-rock contact

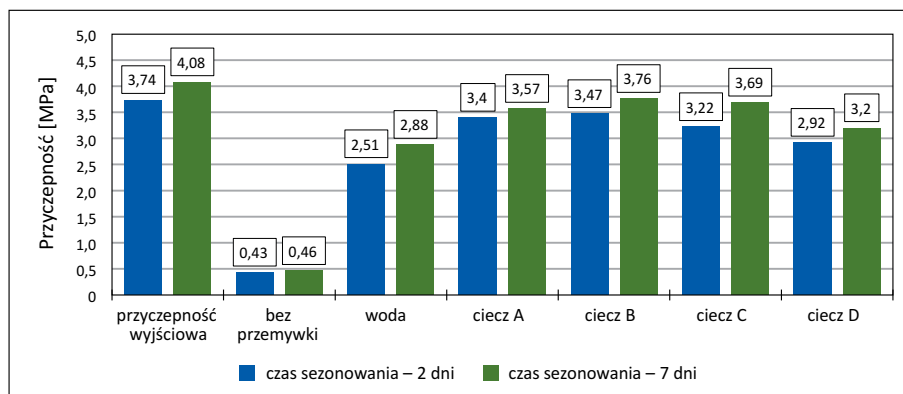
i 8%. Z kolei najmniej efektywną cieczą zawierającą środek powierzchniowo czynny okazała się ciecz D. W temperaturze 20°C wartość przyczepności była niższa od bazowej o 27% zarówno po dwudniowym, jak i po siedmiodniowym sezonowaniu, natomiast w temperaturze 50°C – odpowiednio o 25% oraz 22%. Jeszcze niższe wyniki uzyskano po użyciu wody jako cieczy przemywającej. Po dwudniowym sezonowaniu w temperaturze 20°C przyczepność zaczynu cementowego do skały wynosiła 2,36 MPa, a więc o 34% mniej niż przyczepność bazowa. Po siedmiodniowym sezonowaniu próbki przyczepność miała wartość 2,65 MPa – 32% mniej niż przyczepność bazowa w tych samych warunkach. W warunkach podwyższonej temperatury wartości te były niższe od bazowej o odpowiednio 33% i 29%.

Na rysunkach 13–14 zaprezentowano wyniki pomiaru przyczepności po wytworzeniu na rdzeniach osadu z płuczki zawierającej inhibitor hydratacji w postaci lateksu. Najwyższy stopień usunięcia osadu filtracyjnego ponownie osiągnięto przy użyciu cieczy B. W temperaturze 20°C w próbce sezonowanej przez 2 dni przyczepność miała wartość 2,97 MPa i była niższa od bazowej o 16%, zaś w próbce sezonowanej przez 7 dni zmierzono przyczepność równą 3,36 MPa, co



**Rysunek 11.** Przyczepność na kontakcie kamień cementowy-skała po wypłukaniu osadu filtracyjnego z płuczki bazowej. Temperatura: 20°C

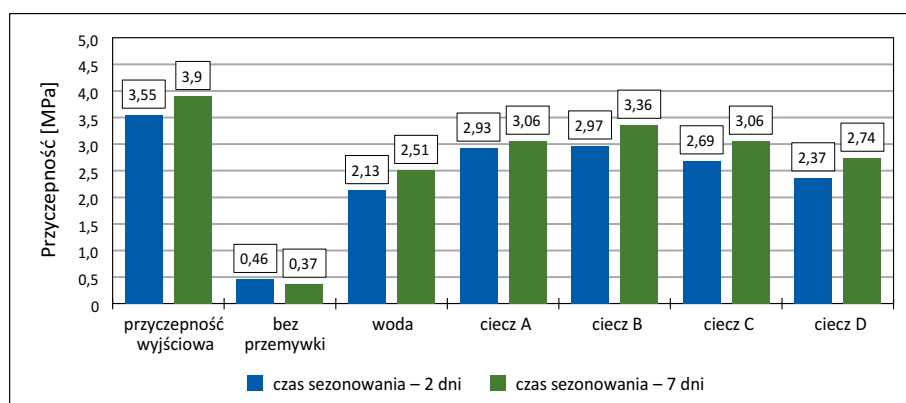
**Figure 11.** Adhesion at the cement-stone-rock contact after washing the filter cake from the base mud. Temperature 20°C



**Rysunek 11.** Przyczepność na kontakcie kamień cementowy-skała po wypłukaniu osadu filtracyjnego z płuczki bazowej. Temperatura: 50°C

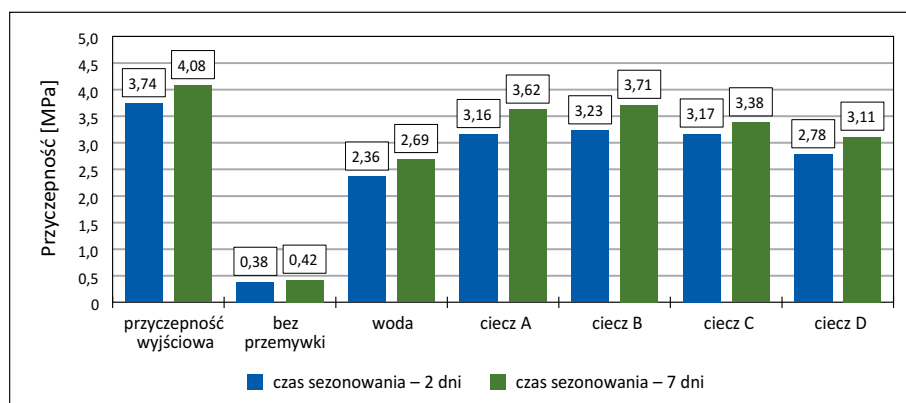
**Figure 11.** Adhesion at the cement-stone-rock contact after washing the filter cake from the base mud. Temperature 50°C





**Rysunek 13.** Przyczepność na kontakcie kamień cementowy–skała po wypłukaniu osadu filtracyjnego z płuczki z dodatkiem lateksu. Temperatura: 20°C

**Figure 13.** Adhesion at the cement-stone-rock contact after washing the filter cake from the latex-added mud. Temperature 20°C



**Rysunek 14.** Przyczepność na kontakcie kamień cementowy–skała po wypłukaniu osadu filtracyjnego z płuczki z dodatkiem lateksu. Temperatura: 50°C

**Figure 14.** Adhesion at the cement-stone-rock contact after washing the filter cake from the latex-added mud. Temperature 50°C

oznaczało zmniejszenie o 14% względem przyczepności bazowej. W temperaturze 50°C wartości przyczepności były niższe od bazowych o odpowiednio 14% i 9% kolejno dla próbek sezonowanych przez 2 i 7 dni. Nieco mniejszą skuteczność usuwania osadu uzyskano przy zastosowaniu cieczy C.

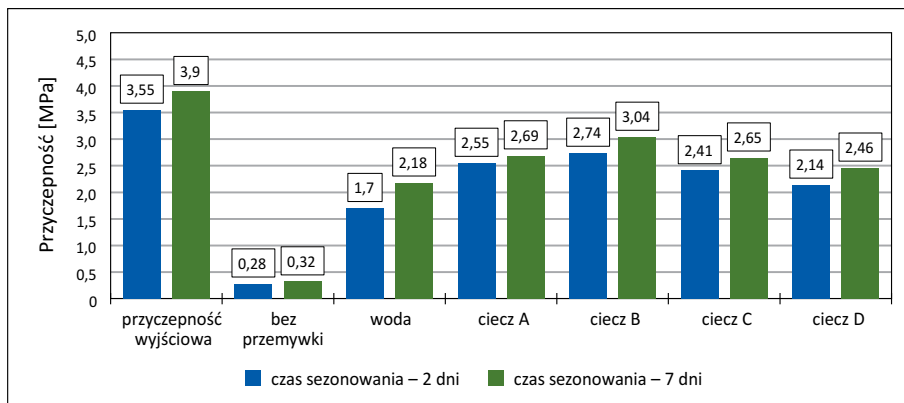
Ciecz D po raz kolejny charakteryzowała się najniższą efektywnością wmywania osadu filtracyjnego z powierzchni skały. Próbkę sezonowaną przez 2 dni w temperaturze 20°C miała przyczepność równą 2,37 MPa, co oznacza wynik niższy o 33% w stosunku do bazowego, zaś w przypadku próbki sezonowanej przez 7 dni w tej samej temperaturze wartość ta wynosiła 2,74 MPa, co było wynikiem o 30% niższym niż przyczepność bazowa. Dla próbek wygrzewanych w temperaturze 50°C zmierzono wartości równe 2,78 MPa (–26%) oraz 3,11 MPa (–24%) odpowiednio dla dwu- i siedmiodniowego okresu sezonowania.

Można zauważyć, że przyczepność kamienia cementowego do skały po zastosowaniu płuczki z dodatkiem lateksu jest nieco gorsza niż w przypadku płuczki bazowej, niezawierającej żadnego inhibitora polimerowego.

Rysunki 15–16 przedstawiają wyniki pomiaru przyczepności po wytworzeniu na rdzeniach osadu z płuczki z dodatkiem glikolu. Wartości przyczepności bez zastosowania cieczy przemywającej były bardzo niskie, wszystkie mieściły się w granicach 0,28–0,38 MPa, co oznaczało pogorszenie tego parametru o ponad 90% w stosunku do bazowego. Najwyższy stopień usunięcia osadu filtracyjnego osiągnięto przy użyciu cieczy B. W temperaturze 20°C przyczepność była niższa od bazowej o 23% w próbce sezonowanej przez 2 dni oraz o 22% niższa w próbce sezonowanej przez 7 dni. W temperaturze 50°C wartości przyczepności były niższe o odpowiednio 18% i 15%.

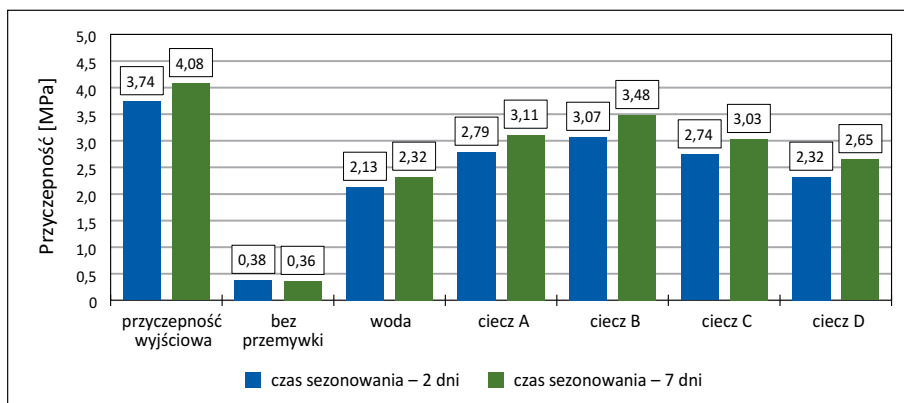
Najmniej efektywną cieczą zawierającą środek powierzchniowo czynny okazała się ciecz D. W temperaturze 20°C wartość przyczepności była niższa od bazowej o 40% po sezonowaniu dwudniowym oraz o 37% po siedmiodniowym, natomiast w temperaturze 50°C odpowiednio o 38% oraz 35%.

Jeszcze niższe wyniki uzyskano po użyciu wody jako cieczy przemywającej. Po dwudniowym sezonowaniu w temperaturze 20°C przyczepność zaczynu cementowego do skały wynosiła 1,70 MPa, a więc o 52% mniej niż przyczepność bazowa.



**Rysunek 15.** Przyczepność na kontakcie kamień cementowy–skała po wypłukaniu osadu filtracyjnego z płuczki z dodatkiem glikolu. Temperatura: 20°C

**Figure 15.** Adhesion at the cement-stone-rock contact after washing the filter cake from the glycol-added mud. Temperature 20°C



**Rysunek 16.** Przyczepność na kontakcie kamień cementowy–skała po wypłukaniu osadu filtracyjnego z płuczki z dodatkiem glikolu. Temperatura: 50°C

**Figure 16.** Adhesion at the cement-stone-rock contact after washing the filter cake from the glycol-added mud. Temperature 50°C

Po siedmiodniowym sezonowaniu próbki przyczepność miała wartość 2,18 MPa – o 44% mniej niż przyczepność bazowa w tych samych warunkach. W warunkach podwyższonej temperatury wartości te były niższe od bazowej o odpowiednio 43% i 43%.

Na rysunkach 17–18 zaprezentowano wyniki pomiaru przyczepności po wytworzeniu na rdzeniach osadu z płuczki zawierającej inhibitor hydratacji w postaci poliaminy. Najwyższy stopień usunięcia osadu filtracyjnego ponownie osiągnięto przy użyciu cieczy B. W temperaturze 20°C w próbce sezonowanej przez 2 dni przyczepność miała wartość 3,02 MPa i była niższa od bazowej o 15%, natomiast w próbce sezonowanej przez 7 dni zmierzono przyczepność równą 3,26 MPa, co oznaczało zmniejszenie o 16% względem przyczepności bazowej. W temperaturze 50°C wartości przyczepności były niższe względem przyczepności bazowej o odpowiednio 13% i 10% kolejno dla próbek sezonowanych przez 2 i 7 dni.

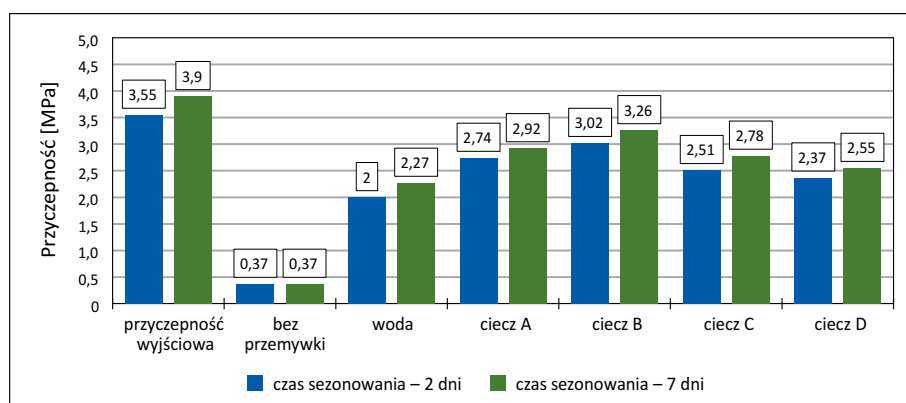
Ciecz D po raz kolejny charakteryzowała się najniższą efektywnością wmywania osadu filtracyjnego z powierzchni skały. Próbką sezonowaną przez 2 dni w temperaturze 20°C

miała przyczepność równą 2,37 MPa, co oznacza wynik niższy o 33% niż bazowy, zaś w przypadku próbki sezonowanej przez 7 dni w tej samej temperaturze wartość ta wynosiła 2,55 MPa, co było wynikiem o 35% niższym niż przyczepność bazowa. Dla próbek wygrzewanych w temperaturze 50°C zmierzono wartości równe 2,55 MPa (–32%) oraz 2,88 MPa (–29%) odpowiednio dla dwu- i siedmiodniowego okresu sezonowania.

### Wnioski końcowe

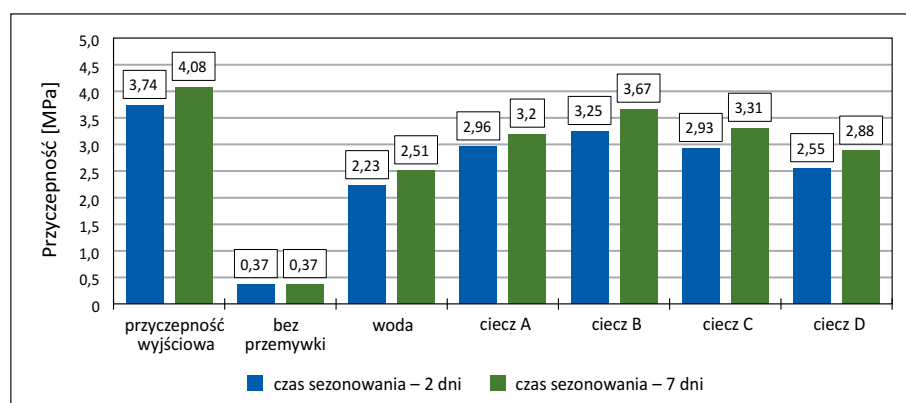
W artykule opisano badania nad opracowaniem składów cieczy przemywających, których zastosowanie pozwoli znacznie ograniczyć lub wyeliminować niekorzystny wpływ płuczek zawierających inhibitory hydratacji skał ilasto-lupkowych na jakość cementowania.

Przebadano cztery warianty płuczki wiertniczej bazujące na różnych mechanizmach inhibitowania hydratacji skał ilastych, a mianowicie płuczkę polimerowo-potasową oraz jej trzy modyfikacje zawierające inhibitory polimerowe: lateks,



**Rysunek 17.** Przyczepność na kontakcie kamień cementowy–skała po wypłukaniu osadu filtracyjnego z płuczki z dodatkiem poliaminy. Temperatura: 20°C

**Figure 17.** Adhesion at the cement-stone-rock contact after washing the filter cake from the polyamine-added mud. Temperature 20°C



**Rysunek 18.** Przyczepność na kontakcie kamień cementowy–skała po wypłukaniu osadu filtracyjnego z płuczki z dodatkiem poliaminy. Temperatura: 50°C

**Figure 18.** Adhesion at the cement-stone-rock contact after washing the filter cake from the polyamine-added mud. Temperature 50°C

glikol i poliaminę. Jako cieczy przemywających użyto wodnych roztworów jonowych oraz niejonowych surfaktantów.

Analiza wyników badań laboratoryjnych realizowanych w ramach niniejszej pracy pozwala przedstawić następujące wnioski:

1. Najwyższą przyczepnością kamienia cementowego do skały charakteryzowały się próbki poddane oddziaływaniu bazowej płuczki, która nie zawierała dodatku polimerowych inhibitorów hydratacji skał ilastych. Oznacza to, że obecność inhibitorów polimerowych użytych do badań, czyli lateksu, glikolu i poliaminy, wpływa na wytworzony osad filtracyjny w ten sposób, że jest on trudniej usuwalny ze skały. Najniższymi wartościami przyczepności, a co za tym idzie – najtrudniejszym do usunięcia osadem filtracyjnym charakteryzowały się próbki poddane działaniu płuczki z dodatkiem glikolu.
2. Badania dyspersji łupku mioceńskiego potwierdziły, że płuczki zawierające polimerowy inhibitor hydratacji wykazują wyższy stopień zabezpieczenia skał przed pęcznieniem. Szczególnie dobre rezultaty uzyskano w przypadku płuczki zmodyfikowanej przez dodatek poliaminy, kiedy to odzysk łupku wynosił 96% po sześciogodzinnym oddziaływaniu płuczki oraz 86% po dwugodzinnym oddziaływaniu wody. Z kolei najmniej efektywnym inhibitorem polimerowym okazał się lateks, dla którego wyniki dyspersji wynosiły odpowiednio 46% oraz 4%, czyli nieznacznie więcej niż w płuczce bez inhibitora polimerowego.
3. Przyczepność bazowa wyznaczona na początku badań jakości zacementowania była nieco wyższa w przypadku próbek sezonowanych w temperaturze 50°C niż tych sezonowanych w 20°C. Zależność ta ujawniła się również w próbkach poddanych oddziaływaniu płuczek wiertniczych. Oznacza to, że zastosowany zaczyn cementowy może tworzyć mocniejsze wiązanie z powierzchnią skały w warunkach wyższej temperatury.
4. Najniższą skuteczność działania spośród cieczy zawierających środki powierzchniowo czynne uzyskano po zastosowaniu roztworu D.
5. Spośród przebadanych cieczy przemywających najlepsze połączenie na kontakcie stwardniały zaczyn cementowy–skała

uzyskano po zastosowaniu 5-proc. wodnego roztworu B, czyli niejonowego surfaktantu z grupy etoksylogowanych alkoholi tłuszczowych. Badania wykazały, że po użyciu tej cieczy jako przemywki osiągnano najwyższe wartości przyczepności w próbkach z osadem wytworzonym przez każdy rodzaj płuczki, zarówno w temperaturze 20°C, jak i 50°C, co jest szczególnie ważne podczas przewiercania głębokich interwałów, gdzie panują warunki podwyższonej temperatury. Biorąc pod uwagę, że ciecz A, zawierająca środek stosowany w technologii wiertniczej, wykazywała podczas realizacji tych badań nieco niższą skuteczność niż roztwór B, można zakładać, że ciecz B mogłaby być zastosowana w warunkach przemysłowych.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Opracowanie cieczy przemywających do otworów wierconych przy użyciu płuczek o różnych mechanizmach inhibitowania celem poprawy jakości cementowania*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0026/KW/2022, nr archiwalny: DK-4100-0014/2022.

#### Literatura

- Arambulo S., Colque P., Ahmed M., 2015. Case Studies Validate the Effectiveness of Aluminum-based HPWBM in Stabilizing Micro-Fractured Shale Formations: Field Experience in the Peruvian Amazon. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 28–30.09.2015, Houston, Texas, USA*, s. 1–14. DOI: 10.2118/174854-MS.
- Błaż S., 2013. Badania laboratoryjne nad opracowaniem składu płuczki wiertniczej do przewiercania formacji łupkowych. *Nafta-Gaz*, 69(2): 123–133.
- Błaż S., 2017. Nowe rodzaje cieczy przemywających osady z płuczki inwersyjnej przed zabiegiem cementowania otworów wiertniczych. *Nafta-Gaz*, 73(5): 302–311. DOI: 10.18668/NG.2017.05.02.
- Błaż S., 2018. Płuczki lateksowo-glinowe do przewiercania niestabilnych formacji łupkowych. *Nafta-Gaz*, 74(7): 526–534. DOI: 10.18668/NG.2018.07.06.
- Boyou N.V., Ismail I., Sulaiman W.R.W., Haddad A.S., Husein N., Hui H.T., Nadaraja K., 2019. Experimental investigation of hole cleaning in directional drilling by using nano-enhanced water-based drilling fluids. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 176(12): 220–231. DOI: 10.1016/j.petrol.2019.01.063.
- Gawlik P., Szymczak M., 2006. Migracje gazowe w przestrzeniach międzyrurowych otworów realizowanych na przedgórzu Karpat w roku 2005. *Nafta-Gaz*, 62(7–8): 349–358.
- Jasiński B., 2016. Ocena wpływu cieczy przemywającej na jakość zacementowania rur w otworze wiertniczym po użyciu płuczki glikolowo-potasowej. *Nafta-Gaz*, 72(6): 413–421. DOI: 10.18668/NG.2016.06.04.
- Kmieć M., Karpiński B., Antoszkiewicz M., Szkodo M., 2018. Laboratory research on the influence of swelling clay on the quality of borehole cementing and evaluation of clay-cutting wellbore tool prototype. *Applied Clay Science*, 164: 13–25. DOI: 10.1016/j.clay.2018.04.028.
- Kremieniewski M., 2018. Ocena skuteczności oczyszczania kolumny rur okładzinowych przed cementowaniem na podstawie badań przy użyciu viskozymetru obrotowego. *Nafta-Gaz*, 74(9): 59–66. DOI: 10.18668/NG.2018.09.06.
- Kremieniewski M., Kędzierski M., Błaż S., 2021. Increasing the Efficiency of Sealing the Borehole in Terms of Spacer Pumping Time. *Energies*, 14: 6702. DOI: 10.3390/en14206702.
- Lv K., Zhong H., Ren G., Liu Y., 2014. Properties evaluation and application of organic amine inhibitor on the properties of drilling fluids. *The Open Petroleum Engineering Journal*, 7: 50–54.
- McMurry J., 2010. *Chemia organiczna. Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa.
- Morton K., Bomar B., Schiller M., Gallem J., Azar S., 2005. Development and Learning Process Using a New HPWBM on Gulf of Mexico Shelf Wells. AADE-05-NTCE-31.
- Okrajni S., Azar J., 1986. The Effects of Mud Rheology on Annular Hole Cleaning in Directional Wells. *SPE Drilling Engineering*, 1(4): 297–308. DOI: 10.2118/14178-PA.
- Patel A., Stamatakis E., Friedheim J.E., Davis E., 2001. Highly inhibitive water-based fluid system provides superior chemical stabilization of reactive shale formations. AADE-01-NC-HO-55.
- Raczkowski J., Półchłópek T., 1998. Materiały i środki chemiczne do sporządzania płuczek wiertniczych. *Prace Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa*, 95: 1–319.
- Ramirez M.A., Benaissa S., Ragnes G., Almaraz A., 2007. Aluminum-Based HPWBM Successfully Replaces Oil-Based Mud To Drill Exploratory Well in the Magellan Strait, Argentina. *SPE/IADC 108213*. DOI: 10.2118/108213-MS.
- Saasen A., Løklingholm G., 2002. The effect of drilling fluid rheological properties on hole cleaning. *IADC/SPE Drilling Conference*, Dallas, TX, USA.
- Sifferman T., Becker T., 1992. Hole Cleaning in Full-Scale Inclined Wellbores. *SPE Drilling Engineering*, 7: 115–120.
- Tare U.A., Mody F.K., Mese A.I., 2000. Understanding chemical-potential-related transient pore-pressure response to improve real-time borehole (in)stability predictions. SPE-65514-MS. DOI: 10.2118/65514-MS.
- Uliasz M., 2000. Wpływ polimerów kationowych na inhibitujące właściwości płuczek wiertniczych. *Prace Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa*, 107: 1–66.
- Uliasz M., 2010. Wykorzystanie związków aminowych w technologii płuczek wiertniczych. *Nafta-Gaz*, 66(7): 577–585.
- Uliasz M., 2011. Wpływ polimerów z I-rzędowymi grupami aminowymi na właściwości inhibitacyjne płuczki wiertniczej. *Nafta-Gaz*, 67(1): 19–29.
- Uliasz M., 2012. Opracowanie płuczek wiertniczych o gęstości regulowanej solami organicznymi. *Dokumentacja Instytutu Nafty i Gazu*, Kraków.
- Uliasz M., 2013. Określenie wpływu płuczek wiertniczych zawierających inhibitor polimerowy na jakość zacementowania kolumn rur okładzinowych. *Dokumentacja INiG. Archiwum Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego*, Kraków.
- Uliasz M., Chudoba J., 2000. Sole potasowe źródłem jonów K<sup>+</sup> w płuczkach inhibitowanych. *Prace Instytutu Górnictwa Naftowego i Gazownictwa*, 110: 495–499.
- Uliasz M., Chudoba J., Herman Z., 2006. Płuczki wiertnicze z inhibitorami polimerowymi i ich oddziaływanie na przewiercane skały. *Prace Instytutu Nafty i Gazu*, 139: 1–72.
- Uliasz M., Herman Z., 2007. Wymagania i właściwości cieczy roboczych. *Konferencja z okazji 20-lecia Instytutu Problemów Nafty i Gazu Rosyjskiej Akademii Nauk*, Moskwa.
- Uliasz M., Zima G., Jasiński B., Szajna A., Witek E., 2018. Ocena wpływu poliwinylaminy na inhibitujące właściwości płuczki wiertniczej. *Nafta-Gaz*, 74(9): 669–675. DOI: 10.18668/NG.2018.09.05.

- Wiśniowski R., Skrzypaszek K., Małachowski T., 2020. Selection of a suitable rheological model for drilling fluid using applied numerical methods. *Energies*, 13(12): 3192. DOI: 10.3390/en13123192.
- Xie G., Luo P., Deng M., Su J., Wang Z., Gong R., Xie J., Deng S., Duan Q., 2017. Investigation of the inhibition mechanism of the number of primary amine groups of alkylamines on the swelling of bentonite. *Applied Clay Science*, 136: 43–50. DOI: 10.1016/j.clay.2016.11.005.
- Yu M., Takach N., Nakamura E., David R., Shariff M.M., 2007. An experimental study of hole cleaning under simulated downhole conditions. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Anaheim, CA, USA*.
- Zima G., Uliasz M., Błaż S., Jasiński B., Wiśniowski R., Wysocki S., 2017. Nowe rodzaje inhibitorów i ich wpływ na właściwości hydratacyjne skał ilasto-lupkowych. *Nafta-Gaz*, 73(1): 36–42. DOI: 10.18668/NG.2017.01.04.



Mgr inż. Bartłomiej JASIŃSKI  
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Technologii Wiercenia  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [bartlomiej.jasinski@inig.pl](mailto:bartlomiej.jasinski@inig.pl)



Dr inż. Grzegorz ZIMA  
Adiunkt, kierownik Zakładu Technologii Wiercenia  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [grzegorz.zima@inig.pl](mailto:grzegorz.zima@inig.pl)



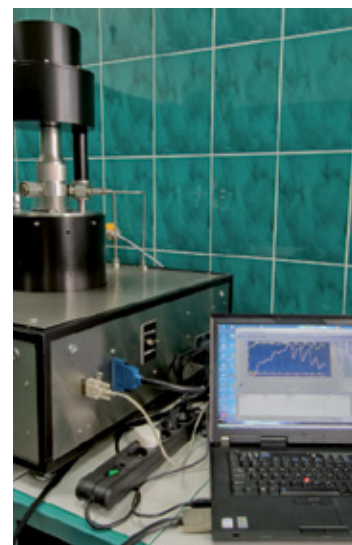
Dr inż. Małgorzata ULIASZ  
Adiunkt w Zakładzie Technologii Wiercenia  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [malgorzata.uliasz@inig.pl](mailto:malgorzata.uliasz@inig.pl)



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](mailto:slawomir.blaz@inig.pl)

## OFERTA BADAWCZA ZAKŁADU TECHNOLOGII WIERCENIA

- opracowywanie składów i technologii sporządzania wodnodispersyjnych i olejowodispersyjnych płuczek wiertniczych, cieczy specjalnych (roboczych, nadpakerowych, buforowych, przemysłowych) i zaczynów cementowych do wiercenia otworów i rekonstrukcji odwiertów w warunkach normalnej i wysokiej temperatury oraz występowania różnych ciśnień złożowych i skażeń chemicznych;
- dobór właściwości płuczek wiertniczych, zaczynów cementowych, cieczy buforowych oraz opracowanie metod usuwania osadów filtracyjnych w celu poprawy skuteczności cementowania otworów wiertniczych;
- badania serwisowe płuczek wiertniczych podczas wiercenia otworu oraz zaczynów cementowych w trakcie zabiegu cementowania;
- specjalistyczne badania laboratoryjne dotyczące oznaczania: wpływu cieczy wiertniczych na przewiercane skały, napięcia powierzchniowego na granicy faz, współczynnika tarcia w warunkach HPHT, sedimentacji materiału obciążającego, wynoszenia zwiercin w otworach kierunkowych i poziomych, doboru materiałów uszczelniających do zapobiegania ucieczkom płuczki wiertniczej i zaczynu cementowego w warstwy szczelinowate, odporności na migrację gazu w wiążącym zaczynie cementowym w warunkach otworopodobnych, odporności korozyjnej kamienia cementowego, związków chemicznych w cieczach wiertniczych i ich toksyczności przy użyciu bakterii jako bioindykatorów;



Kierownik: dr inż. Grzegorz Zima      Adres: ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno  
Telefon: 13 436 89 41 w. 5221      Faks: 13 436 79 71      E-mail: [grzegorz.zima@inig.pl](mailto:grzegorz.zima@inig.pl)



INSTYTUT NAFTY I GAZU  
– Państwowy Instytut Badawczy