

# Polimery syntetyczne do regulowania filtracji płuczek wiertniczych w warunkach podwyższonej temperatury

## Synthetic polymers for controlling filtration of drilling fluids at high temperatures

Grzegorz Zima, Bartłomiej Jasiński, Małgorzata Uliasz, Sławomir Błaż

*Institut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

**STRESZCZENIE:** W artykule przedstawiono badania laboratoryjne nad zastosowaniem do regulowania filtracji polimerów syntetycznych takich jak kopolimery i terpolimery zbudowane z merów winyloamidowych, winylosulfonowych, akrylosulfonowych lub bezwodnika maleinowego. Środki te według danych literaturowych wykazują odporność termiczną powyżej 200°C. Na podstawie przeprowadzonych badań z wykorzystaniem nowych środków syntetycznych dokonano ich doboru do regulowania filtracji i parametrów reologicznych płuczek wiertniczych w różnych warunkach geologicznych oraz określono korelację pomiędzy wynikami badań filtracji uzyskanymi na statycznej i dynamicznej prasie filtracyjnej HPHT oraz wynikami filtracji otrzymanymi za pomocą aparatu Grace M2200 HPHT. Badania polimerów syntetycznych przeprowadzono w płuczce, w której składzie zastosowano środek skrobiowy i biopolimer XCD. Płuczka ta zawierała dodatkowo 7% inhibitora jonowego KCl i 7% blokatora węglanowego w celu utworzenia osadu filtracyjnego. Dla badanych płuczek przeprowadzono pomiary ich podstawowych właściwości oraz wykonano pomiary statycznej i dynamicznej filtracji HPHT na standardowych sączkach do pomiaru filtracji oraz krążkach ceramicznych o porowatości 20 µm. Filtrację statyczną określono w temperaturach 60°C i 120°C, natomiast dynamiczną w temperaturze 120°C. Filtrację przy użyciu aparatu Grace M2200 HPHT zmierzono również w temperaturach 60°C i 120°C na rdzeniach o porowatości 20 µm. W celu odtworzenia warunków otworowych do płuczek dodawano zwierzyny (zmielony łupek mioceński) i skażenia chemiczne w postaci chlorków wapnia i magnezu oraz obciążano je barytem. Wyniki pomiarów na aparacie Grace M2200 HPHT podane w artykule zostały przeliczone na podstawie stosunku powierzchni filtracji w celu porównania z filtracją HPHT na krążkach ceramicznych. Dla płuczek dodatkowo przeprowadzono badanie dyspersji skały ilastej w celu określenia i porównania ich właściwości inhibicyjnych. Uzyskane wyniki badań mogą znaleźć zastosowanie w warunkach przemysłowych podczas głębokich wierceń oraz pozyskiwania energii geotermalnej.

**Słowa kluczowe:** polimery syntetyczne, polimery sulfonowane, filtracja, warunki HPHT.

**ABSTRACT:** The article presents laboratory research on the use of synthetic polymers for controlling filtration, such as copolymers and terpolymers made of vinylamide, vinylsulfonic, acryl-sulfonic or maleic anhydride units. According to the literature data, these agents show thermal resistance above 200°C. Based on the research carried out with the use of new synthetic agents, they were selected to regulate the filtration and rheological parameters of drilling fluids in various geological conditions, and the correlation between the results of HPHT filtration tests obtained on the static and dynamic filter press and the filtration results obtained with the Grace M2200 PHT apparatus was determined. The research on synthetic polymers was carried out in a mud containing a starch agent and an XCD biopolymer. This mud contained an additional 7% KCl ionic inhibitor and 7% calcium carbonate to form a filter cake. For the tested muds, measurements of their basic properties were carried out, and static and dynamic HPHT filtration measurements were made on standard filters for filtration and ceramic discs with a porosity of 20 µm. Static filtration was determined at 60 and 120°C, and dynamic filtration at 120°C. Filtration using a Grace M2200 HPHT apparatus was performed on cores with a porosity of 20 µm. In order to restore the borehole conditions, drill cuttings (ground Miocene shales) and chemical contamination in the form of calcium and magnesium chlorides were added to the muds, and weighted with barite. The results of the measurements on the Grace M2200 HPHT apparatus given in the article were converted based on the filtration area ratio for comparison with the HPHT filtration on ceramic discs. For the muds, a rock dispersion test was carried out in order to determine and compare their inhibitory properties. The obtained test results can be used in industrial conditions during deep drilling and acquisition of geothermal energy.

**Key words:** synthetic polymers, sulfonated polymers, filtration, HPHT conditions.

## Wstęp

Do regulowania filtracji płuczek wiertniczych standardowo używane są środki celulozowe i skrobiowe. Ze względu na ich małą odporność w warunkach wysokich ciśnień i temperatur (HPHT) do regulowania filtracji zazwyczaj niezbędne są środki syntetyczne. Zastosowanie znajdują tu głównie polimery akrylowe o średniej masie cząsteczkowej. Obecnie dostępne są również środki nowej generacji, będące kopolimerami lub terpolimerami zbudowanymi z merów winyloamidowych, winylosulfonowych, akrylosulfonowych lub bezwodnika maleinowego. Odporność termiczna tych środków często przekracza według danych literaturowych 200°C. Pomimo ich wyższej ceny w porównaniu z ceną polimerów naturalnych zastosowanie ich w technologii płuczkowej, przy rosnącym zainteresowaniu wierceniami głębokich otworów oraz odwiertów geotermalnych, będzie nieuniknione. Korzyści wynikające z użycia tego typu polimerów syntetycznych powinny w znaczący sposób wpłynąć na obniżenie kosztów ich stosowania. Przeprowadzenie badań nowych polimerów syntetycznych umożliwiło ich dobór do regulowania filtracji i parametrów reologicznych płuczek wiertniczych w różnych warunkach geologicznych. Wykorzystanie do badań różnych metod pomiaru filtracji pozwoliło na określenie korelacji pomiędzy wynikami badań filtracji HPHT w warunkach statycznych i dynamicznych z wykorzystaniem różnych ośrodków porowatych. Wykonane badania pozwolą na wdrożenie do praktyki przemysłowej nowych rodzajów środków chemicznych do regulowania filtracji w trudnych warunkach geologicznych. Wyniki tego typu badań mogą znaleźć zastosowanie zarówno podczas wykonywania głębokich otworów w poszukiwaniu złóż ropy i gazu, jak i podczas wierceń geotermalnych.

### Metody ograniczania filtracji płuczek wiertniczych w warunkach HPHT

Trudności w czasie wiercenia wynikają z warunków geologicznych napotykanym w przewiercanych warstwach. Przez trudne warunki geologiczne rozumiemy podwyższoną temperaturę i ciśnienie występujące w głębokich otworach oraz czynniki związane ze składem mineralogicznym przewiercanych warstw (Al-Ansari et al., 2005; Onuoha et al., 2011; Al-Muhailan, 2014; Balaban et al., 2015; Akhtarmanesh et al., 2017). W warunkach podwyższonej temperatury dochodzi do obniżenia wartości parametrów reologicznych i wzrostu filtracji płuczki wiertniczej. Jest to skutkiem zmian fizycznych zachodzących w płuczce pod wpływem temperatury lub degradacji polimerów „odpowiedzialnych” za nadawanie płuczce odpowiednich parametrów reologicznych i ograniczanie filtracji. Do wierceń w warunkach

wysokiej temperatury należałoby stosować płuczki zawierające polimery o podwyższonej odporności termicznej, takie jak niektóre polimery syntetyczne lub modyfikowane polimery naturalne (Bielewicz i Bortel, 2000; Janota et al., 2002; Bielewicz et al., 2003a, 2003b; Bortel et al., 2003). Niekorzystny wpływ na płuczkę wiertniczą mają również jony wapnia i magnezu przedostające się z przewiercanych warstw lub dopływających solanek złożowych – objawia się to głównie wzrostem filtracji oraz zmianami parametrów reologicznych.

Wraz z wyczerpywaniem się konwencjonalnych, płytkich złóż ropy i gazu głębokie wiercenia stają się coraz bardziej potrzebne. Jednak wiercenia te związane są z różnymi komplikacjami, do których należą między innymi degradacja polimerów oraz związane z tym nadmierny wzrost filtracji w podwyższonej temperaturze i trudności w kontrolowaniu właściwości reologicznych wodnych płuczek wiertniczych. Doniesienia literaturowe z ostatnich lat (Bielewicz i Bortel, 2000; Janota et al., 2002; Bielewicz et al., 2003a, 2003b; Bortel et al., 2003; Fernandez, 2005; Federer-Kovács i Mátrai, 2013; Zhou et al. 2018) w szerokim zakresie dotyczą zastosowania kopolimerów i terpolimerów syntetycznych zbudowanych z merów z grupami sulfonowymi (winylosulfonowych, akrylosulfonowych) oraz merów winyloamidowych i bezwodnika maleinowego. Wcześniej jako syntetyczne środki do regulowania filtracji wykorzystywano głównie polimery akrylowe, jak np. akrylan sodu, sole potasowe polimerów akrylowych lub na bazie poliakryloamidu. Często w celu dodatkowego obniżenia filtracji stosuje się oprócz polimerów syntetycznych dodatki nanomateriałów. Celowość połączenia działania polimerów syntetycznych i nanomateriałów potwierdzają liczne dane literaturowe (Arambulo et al., 2015; Akhtarmanesh et al., 2017; Fakoya i Shah, 2018; Elkatatny, 2019).

Zhong et al. (2021) przeprowadzili badania nad zastosowaniem kompozytów bentonitowo-węglowych do regulowania właściwości reologicznych i filtracji wodnych płuczek wiertniczych w warunkach HPHT. Nanokompozyty te były otrzymywane ze skrobi i bentonitu sodowego. Po ich zastosowaniu uzyskano znaczącą poprawę stabilności płuczek po wygrzewaniu w autoklawach w temperaturze 220°C i 240°C. W przypadku filtracji po dodaniu 1,0% materiałów nanokompozytowych filtracja ulegała obniżeniu odpowiednio o 41% i 44% po wygrzewaniu w 220°C i 240°C. Zhong et al. (2021) stwierdzili, że nanokompozyty dzięki swej unikatowej morfologii powierzchni i zwiększonej gęstości ładunku powierzchniowego mogą skutecznie kontrolować reologię i filtrację w warunkach HPHT.

Mansoor et al. (2021) uzyskiwali poprawę właściwości reologicznych i filtracyjnych wodnych płuczek wiertniczych przez zastosowanie naturalnego aloesu i nanocieczy CuO. Przeprowadzono badania dla nanocieczy o trzech różnych

stężeniach nanocząstek CuO (0,2%, 0,4% i 0,6% wag.). Badania stabilności termicznej pokazały, że nanociecze CuO na bazie aloesu poprawiają stabilność termiczną i właściwości reologiczne płuczki wiertniczej oraz znacznie obniżają wartość filtracji API. Stwierdzono, że dodanie nanocieczy CuO opartych na aloesie pomaga w znacznym stopniu odzyskać lepkość płuczki po ochłodzeniu i zapobiegać wzrostowi filtracji wraz ze wzrostem temperatury.

W odwiertach poziomych często dochodzi do problemów z uzyskaniem produkcji z powodu uszkodzeń przepuszczalności skał zbiornikowych następujących podczas operacji wiercenia. Federer-Kovács i Mátraai (2013), Calcada et al. (2014), Farahani et al. (2014), Kalantariasl et al. (2014), Owoseni et al. (2020) i Lv et al. (2021) wykazali za pomocą modeli matematycznych, że filtracja w otworach poziomych może być znacznie większa niż w otworach pionowych. Zaobserwowano wyraźną zależność między wartością filtracji a krzywizną otworu. Uszkodzenia formacji powstałe podczas prac wiertniczych oraz filtrację można ograniczyć przez regulowanie właściwości i grubości osadów płuczkowych oraz lepkość filtratu. Ma to szczególne znaczenie podczas wiercenia otworów poziomych. Właściwości osadu płuczkowego można regulować, stosując dodatek do płuczek odpowiedniej fazy stałej, w tym nanomateriałów.

Podczas wiercenia formacji wrażliwych na wodę (takich jak łupki) filtrat z płuczek powoduje rozpuszczanie minerałów w złożu, co może prowadzić do uszkodzeń formacji. Beg et al. (2019) jako środek do obniżania filtracji w warunkach HPHT zastosowali nanocząstki CuO i ZnO w obecności soli sodowej kopolimeru kwasu 4-styrenosulfonowego i bezwodnika maleinowego (PSSM). Do płuczki wiertniczej zawierającej hydroksyetylocelulozę dodawano 1,0% PSSM i różne stężenia nanocząstek (0,25%, 0,50%, 0,75% i 1,00%). Badania laboratoryjne wykazały, że dodatek CuO obniżył parametry reologiczne, takie jak lepkość pozorna, lepkość plastyczna i granica płynięcia, o 10% do 15% przed wygrzewaniem płuczki wiertniczej. Po wygrzaniu w 150°C parametry reologiczne płuczki zawierającej CuO uległy obniżeniu, ale wraz ze wzrostem stężenia nanocząstek właściwości reologiczne się poprawiały. Wpływ CuO na filtrację był wyraźniejszy niż nanocząstek ZnO. Dodatek 1,0% PSSM spowodował obniżenie filtracji o około 64%. Filtracja API w płuczce z dodatkiem PSSM została dodatkowo obniżona o około 12% po dodaniu 1,0% CuO. Przy stężeniu 1,0% ZnO filtracja API uległa obniżeniu o około 8%. Filtracja HPHT w płuczce zawierającej 1,0% PSSM wynosiła 14,6 ml w ciągu 30 minut w temperaturze 150°C. Dodatek nanocząstek spowodował dodatkowo obniżenie filtracji HPHT o 15% do 20%. Zdjęcia osadów filtracyjnych wykonane skaningowym mikroskopem elektronowym sugerowały istnienie złożonych struktur łańcuchów polimerowych pokrywających pory płacka

filtracyjnego, a sieć została dodatkowo zablokowana przez skupiska nanocząstek, hamując tym samym przepływ przez nie płynu. Wyniki uzyskane przez Beg et al. (2019) wykazały, że skuteczność polimeru jako środka do obniżania filtracji uległa poprawie dzięki dodatkowi nanocząstek, zwłaszcza CuO.

Do regulowania filtracji i ograniczania uszkodzenia przepuszczalności skał podczas stosowania płuczek beziłowych sporządzanych na osnowie biopolimeru XCD Vargas et al. (2019) zastosowali nanocząstki SiO<sub>2</sub>. Oceniono dwa rodzaje nanocząstek SiO<sub>2</sub>: zsyntetyzowane metodą zol-żel oraz nanocząstki koloidalnej krzemionki. Wyniki testów wykazały, że dodatek nanocząstek SiO<sub>2</sub> nie zmienił podstawowych właściwości, takich jak pH, gęstość i zawartość substancji stałych. Zwiększył natomiast lepkość plastyczną (PV) i granicę płynięcia (YP) oraz zmniejszył objętość filtracji i grubość osadu płuczki po wygrzewaniu w podwyższonej temperaturze. Nanocząstki te wykazały najwyższy wzrost PV i YP – odpowiednio o 12% i 19%. Dodatkowo dodatek nanocząstek SiO<sub>2</sub> spowodował obniżenie filtracji o 49%.

Doskonałe wyniki filtracji uzyskano również (Fakoya i Shah, 2014) w przypadku nanocieczy opartych na surfaktantach zawierających nanokrzemionkę. Fakoya i Shah (2018) przeprowadzili badania nad zastosowaniem nanomateriałów do regulowania właściwości płuczek z dodatkiem surfaktantów. Otrzymane wyniki wskazują na poprawę parametrów reologicznych płuczek przy stężeniach do 0,4% nanomateriału. Również obiecujące wyniki filtracji uzyskano w przypadku płuczek opartych na surfaktantach i nanocieczach. Przy stężeniu 0,24% nastąpiło obniżenie filtracji API o 70,2%. Także badania w płuczках sporządzonych na osnowie dostępnej w handlu polianionowej celulozy (PAC) potwierdziły, że dodatek nanokrzemionki korzystnie wpływa na ograniczenie filtracji. W badaniach laboratoryjnych (Akhtarmanesh et al., 2017) wykorzystanie nanocząstek na bazie wapnia, żelaza i grafitu umożliwiło również ograniczenie filtracji HPHT.

Salih i Bilgesu (2017) oraz Lv et al. (2021) zaproponowali zastosowanie elektrochemicznie aktywnych dodatków, nanocząstek anionowych, do opracowania składów płuczek na bazie wody. W tych badaniach wykorzystano cztery stężenia każdej z nanocząstek: nanokrzemionki, nanotytanu i nanoaluminium do obróbki płuczki na bazie wody o wysokim pH (11,5–12). Wyniki wskazywały na znaczną poprawę właściwości reologicznych płuczek po obróbce 0,1% lub mniej nanokrzemionki i 0,3% wag. lub mniej nanotytanu i nanoaluminium. W przypadku wyższych stężeń nie uzyskano poprawy parametrów. Ponadto wyniki wykazały zdolność nanokrzemionki i nanotytanu do obniżania filtracji oraz brak wpływu w przypadku nanoaluminium.

Nanocząstki koloidalnego dwutlenku krzemu o wielkości 5,7 nm zostały zastosowane do sporządzenia płuczki na bazie

wody (Salih et al., 2016). Wyniki badań wskazują na poprawę właściwości reologicznych i filtracji płuczek po działaniu nanocząstek przy stężeniach poniżej 0,7%. Ponadto wyniki wykazały zdolność tych nanocząstek do tworzenia jednolitego, zagęszczonego i cienkiego osadu filtracyjnego. Wyniki ujawniły natomiast negatywny wpływ nanocząstek o stężeniach powyżej 0,7% wag. na właściwości reologiczne. Zaobserwowano optymalne stężenia nanomateriałów w ilości 0,1–0,3%.

W artykule Ponmani et al. (2016) przedstawiono zastosowanie nanocieczy CuO i ZnO w różnych płuczkach bazowych sporządzonych z użyciem biopolimeru XCD, glikolu polietylenowego i poliwinylpirolidonu (PVP). Zaobserwowano, że zastosowanie nanocieczy w płuczkach na bazie wody przyczynia się do poprawy ich stabilności termicznej. Filtracja płuczek również ulegała zmniejszeniu po dodaniu nanomateriałów. Polimery syntetyczne mogą być używane w warunkach temperatury powyżej 200°C, ale często stosuje się je w temperaturach od 120°C do 180°C, gdy można stosować modyfikowane polimery naturalne lub ich kombinacje z polimerami syntetycznymi (Kayser et al., 2015). Produkty te wspomagają kontrolę filtracji i reologię, jednak ma to wpływ na zwiększenie kosztów i złożoność składu płuczki. Kayser et al. (2015) proponują zastosowanie syntetycznych materiałów kopolimerowych w celu kontroli filtracji i właściwości reologicznych.

### Właściwości zastosowanych polimerów syntetycznych do regulowania filtracji płuczek wiertniczych

Zastosowane w pracy polimery, oznaczone jako: PS1, PS2, PS3, PS4, PS5, PS6, PS7, według informacji dostawcy są kopolimerami lub terpolimerami składającymi się z merów winyloamidowych, winylosulfonowych, akrylosulfonowych lub bezwodnika maleinowego. Ich podstawową funkcją w płuczkach wiertniczych jest ograniczanie filtracji w warunkach HPHT. Drugorzędną funkcją jest korzystny wpływ na strukturę osadu filtracyjnego i deflokulacja bentonitu. Przy formowaniu osadu filtracyjnego z płuczki środki te przyczepiają się do dodatnio naładowanych krawędzi płytek iłu i zatykają przestrzenie porów w strukturze bentonitu oraz wykazują zdolność wiązania wody i zmniejszania przepuszczalności osadu filtracyjnego. Polimer stabilizuje właściwości reologiczne płuczek i chroni je przed negatywnym wpływem temperatury i skażeń chemicznych. Środki te cechują się również wysoką tolerancją na sól, co czyni je wyjątkowymi wśród polimerów syntetycznych. Polimery te całkowicie dyspergują w solankach nasyconych i zapewniają bardzo niskie wartości filtracji w temperaturach przekraczających 230°C. W przeciwieństwie do zwykłych polimerów do regulacji filtracji środki

te nie generują wysokich lepkości w płuczkach wiertniczych. Dzięki temu nadają się do zastosowań w płuczkach z dużą zawartością fazy stałej i obciążonych nawet do 2,4 g/ml oraz są odporne na fermentację bakteryjną.

### Badania laboratoryjne

Do wstępnych badań wybrano 7 próbek polimerów syntetycznych: PS1, PS2, PS3, PS4, PS5, PS6 i PS7. Na podstawie wyników uzyskanych z badań tych środków w składach płuczek na osnowie koloidu skrobiowego i biopolimeru wybrano 4 z nich, dla których otrzymano najlepsze wyniki filtracji API oraz HPHT statycznej (rysunek 1) w temperaturze 60°C i dynamicznej (rysunek 2) w temperaturach 60°C i 120°C (tabela 1, rysunek 6). Dla każdego składu płuczki przeprowadzono badania wpływu dodatku zwiercin i możliwości obciążania barytem. Badania filtracji HPHT wykonano na płuczkach zawierających zwierciny i obciążonych barytem.

Dla czterech z wybranych polimerów syntetycznych (PS1, PS3, PS6 i PS7) wykonano badania wpływu zwiercin i skażeń chemicznych w postaci jonów metali dwuwartościowych ( $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ ) na parametry reologiczne oraz filtrację API płuczek



Rysunek 1. Statyczna prasa filtracyjna HPHT

Figure 1. HPHT static filter press



**Rysunek 2.** Dynamiczna prasa filtracyjna HPHT  
**Figure 2.** HPHT dynamic filter press

wiertniczych zawierających 0,5%, 0,7% i 1,0% każdego z polimerów. Na płuczkach zawierających zwierciny i skażenia chemiczne (5%  $\text{CaCl}_2$  i 1%  $\text{MgCl}_2$ ) wykonano badania filtracji statycznej w temperaturze 60°C i dynamicznej w temperaturach 60°C i 120°C.

W przypadku trzech najefektywniej wpływających na obniżenie filtracji polimerów (PS1, PS6 i PS7) przeprowadzono badania filtracji na krążkach ceramicznych o średniej średnicy porów 20  $\mu\text{m}$  z wykorzystaniem dynamicznej i statycznej prasy filtracyjnej HPHT oraz badania na rdzeniach o średniej średnicy porów 20  $\mu\text{m}$  z wykorzystaniem aparatu Grace M2200 HPHT (rysunki 3–5).



**Rysunek 4.** Uchwyt mocujący rdzeń  
**Figure 4.** Core clamp



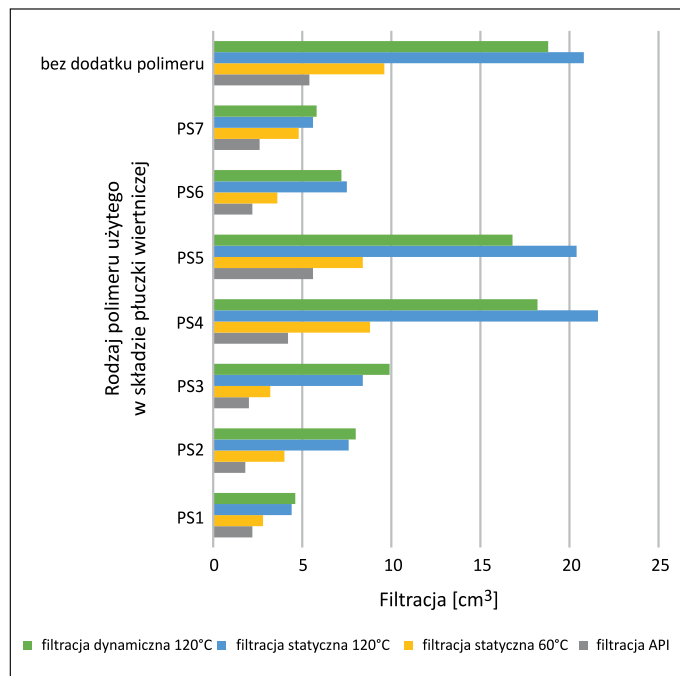
**Rysunek 3.** Aparat Grace M2200 HPHT  
**Figure 3.** Grace M2200 HPHT aparatus



**Rysunek 5.** Komora pomiarowa  
**Figure 5.** Measuring cell

**Tabela 1.** Właściwości płuczek sporządzonych na osnowie koloidu skrobiowego z dodatkiem polimerów syntetycznych  
**Table 1.** Properties of muds prepared on the basis of starch colloid with the addition of synthetic polymers

Lp.	Skład płuczki [%]	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Lepkość [mPa·s]		Granica płynięcia $\tau_y$ [Pa]	Wytrzymałość strukturalna [Pa]		Filtracja [cm <sup>3</sup> ]	pH
			$\eta_{pl}$	$\eta_s$		I	II		
1	Biostat 0,1 Środek skrobiowy 4,0 Biopolimer 0,3 KCl 7,0 Blokator węglanowy 7,0 Zwierzcin 10 Baryt	1430	32	42,5	10,1	1,6	3,4	6,4	9,0
2	Płuczka 1 + PS1 0,5	1440	34	49,0	14,4	1,8	3,1	2,2	9,1
3	Płuczka 1 + PS2 0,5	1440	36	50,5	13,9	2,4	4,0	1,8	9,0
4	Płuczka 1 + PS3 0,5	1420	41	57,0	15,4	2,0	3,1	2,0	9,0
5	Płuczka 1 + PS4 0,5	1440	25	37,5	12,0	3,0	4,3	4,2	9,1
6	Płuczka 1 + PS5 0,5	1430	23	35,5	12,0	4,0	8,4	5,6	9,0
7	Płuczka 1 + PS6 0,5	1440	28	40,5	11,0	2,0	2,5	2,2	9,2
8	Płuczka 1 + PS7 0,5	1430	30	41,0	10,5	1,5	2,6	2,6	9,2



**Rysunek 6.** Wyniki pomiarów filtracji na bibule filtracyjnej płuczek sporządzonych na osnowie polimeru skrobiowego z dodatkiem 10% zwierzcin i obciążonych barytem do gęstości około 1400 kg/m<sup>3</sup> (tabela 1)

**Figure 6.** Results of measurements of filtration on filter paper of muds prepared on the basis of starch polymer with the addition of 10% of drill cuttings and weighted with barite to a density of about 1400 kg/m<sup>3</sup> (table 1)

Pomiary na dynamicznej prasie HPHT oraz Grace M2200 HPHT prowadzono przy 250 obrotach mieszadła lub rotora na minutę. Wyniki przedstawiono na wykresach słupkowych dla porównania filtracji płuczek z dodatkiem polimerów oraz porównania metod pomiaru filtracji na materiałach ceramicznych. Pozwoliło to na ustalenie korelacji pomiędzy tymi metodami (Jasiński, 2017, 2018).

Badania dyspersji łupku micońskiego w środowisku płuczek wykonano dla płuczek zawierających 0,7% PS1, PS3, PS6 lub PS7 bez dodatku skażeń.

Zabrane wyniki pomiarów właściwości płuczek pozwoliły na dobór optymalnych polimerów do ograniczania filtracji. Porównanie wyników filtracji wykonanych różnymi metodami pozwoliło na ustalenie zależności pomiędzy nimi oraz na określenie wpływu warunków pomiaru na jego wynik.

Wyniki wstępnych badań płuczek z dodatkiem 10% zwierzcin i barytu, opisanych w metodyce, zebrano w tabeli 1 (płuczki na osnowie polimeru skrobiowego). Wyniki badania płuczek z dodatkiem wybranych polimerów w ilości 0,5%, 0,7% i 1,0% (PS1, PS3, PS6, PS7) wykazujących największe obniżenie filtracji oraz z dodatkiem zwierzcin i skażeń chemicznych (CaCl<sub>2</sub> i MgCl<sub>2</sub>) ujęto w tabelach 2–5. Wyniki przeprowadzonych pomiarów filtracji (rysunki 6–9) oraz pomiarów dyspersji łupku micońskiego (rysunek 11) w środowisku badanych płuczek przedstawiono na wykresach słupkowych.

**Tabela 2.** Właściwości płuczek sporządzonych na osnowie koloidów skrobiowych z dodatkiem polimeru PS1**Table 2.** Properties of muds prepared on the basis of starch colloid with the addition of the PS1 polymer

Lp.	Skład płuczki [%]	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Lepkość [mPa·s]		Granica płynięcia $\tau_y$ [Pa]	Wytrzymałość strukturalna [Pa]		Filtracja [cm <sup>3</sup> ]	pH
			$\eta_{pl}$	$\eta_s$		I	II		
1	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS1</b> 0,5	1190	31	45	13,4	1,8	2,7	3,0	9,1
2	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS1</b> 0,7	1190	28	40	11,5	1,7	2,1	3,0	9,0
3	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS1</b> 1,0	1190	30	44	13,4	1,9	2,6	3,0	9,0

**Tabela 3.** Właściwości płuczek sporządzonych na osnowie koloidów skrobiowych z dodatkiem polimeru PS3**Table 3.** Properties of muds prepared on the basis of starch colloid with the addition of the PS3 polymer

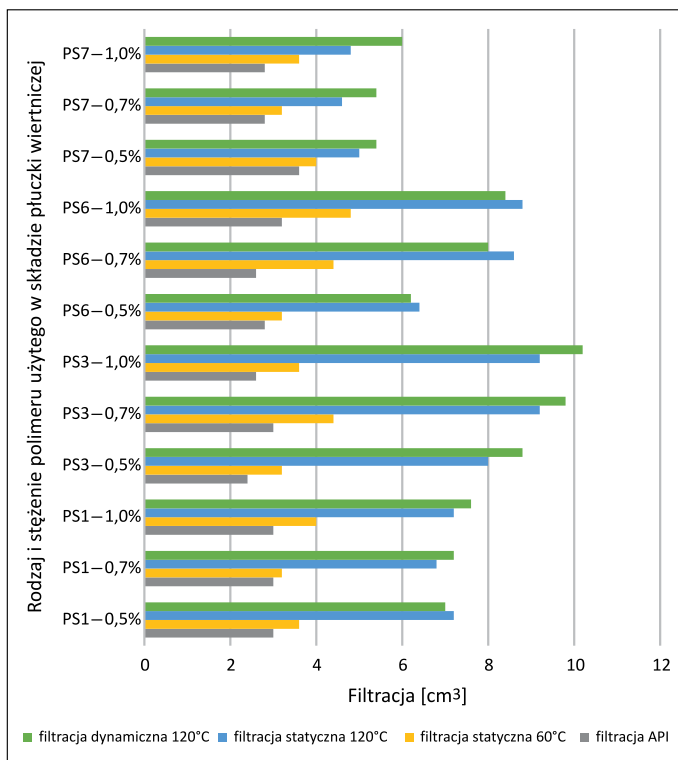
Lp.	Skład płuczki [%]	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Lepkość [mPa·s]		Granica płynięcia $\tau_y$ [Pa]	Wytrzymałość strukturalna [Pa]		Filtracja [cm <sup>3</sup> ]	pH
			$\eta_{pl}$	$\eta_s$		I	II		
1	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS3</b> 0,5	1190	30	41,0	10,6	1,3	2,4	2,4	9,2
2	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS3</b> 0,7	1190	28	37,5	9,1	1,2	1,9	3,0	9,2
3	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS3</b> 1,0	1190	38	54,0	15,4	1,8	3,2	2,6	9,1

**Tabela 4.** Właściwości płuczek sporządzonych na osnowie koloidów skrobiowych z dodatkiem polimeru PS6**Table 4.** Properties of muds prepared on the basis of starch colloid with the addition of the PS6 polymer

Lp.	Skład płuczki [%]	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Lepkość [mPa·s]		Granica płynięcia $\tau_y$ [Pa]	Wytrzymałość strukturalna [Pa]		Filtracja [cm <sup>3</sup> ]	pH
			$\eta_{pl}$	$\eta_s$		I	II		
1	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS6</b> 0,5	1190	30	43,5	13,0	1,9	2,8	2,8	9,0
2	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS6</b> 0,7	1190	29	42,5	12,9	2,0	3,3	2,6	9,0
3	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS6</b> 1,0	1190	31	45,5	13,9	2,4	3,5	3,2	9,0

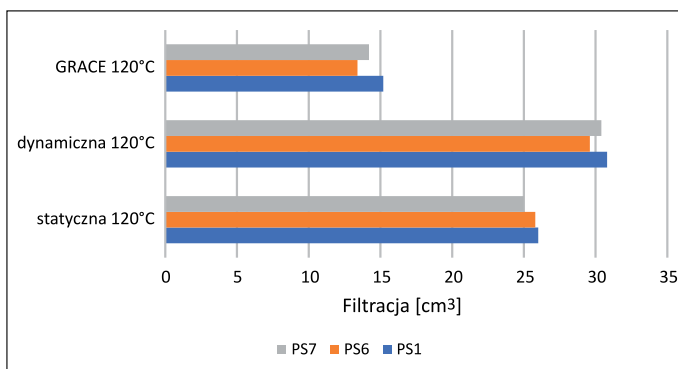
**Tabela 5.** Właściwości płuczek sporządzonych na osnowie koloidów skrobiowych z dodatkiem polimeru PS7**Table 5.** Properties of muds prepared on the basis of starch colloid with the addition of the PS7 polymer

Lp.	Skład płuczki [%]	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Lepkość [mPa·s]		Granica płynięcia $\tau_y$ [Pa]	Wytrzymałość strukturalna [Pa]		Filtracja [cm <sup>3</sup> ]	pH
			$\eta_{pl}$	$\eta_s$		I	II		
1	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS7</b> 0,5	1190	25	34,5	9,1	1,3	2,0	3,6	9,0
2	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS7</b> 0,7	1190	20	25,5	5,3	0,5	0,8	2,8	9,4
3	Płuczka 1 (tabela 1) + <b>PS7</b> 1,0	1190	23	29,5	6,2	0,6	0,9	2,8	9,2



**Rysunek 7.** Wyniki pomiarów filtracji na bibule filtracyjnej płuczek sporządzonych na osnowie polimeru skrobiowego z dodatkiem 5% zwiercin i skażonych jonami wapnia i magnezu (tabele 2-5)

**Figure 7.** Results of filtration measurements on filter paper of muds prepared on the basis of starch polymer with the addition of 5% of drill cuttings contaminated with calcium and magnesium ions (tables 2-5)

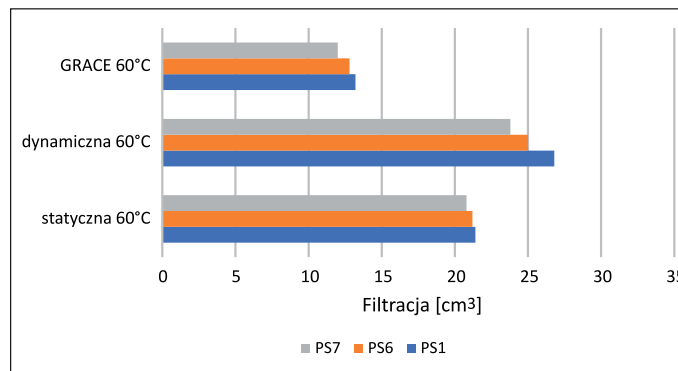


**Rysunek 8.** Wyniki pomiarów filtracji HPHT w temperaturze 120°C na krążku ceramicznym płuczek sporządzonych na osnowie polimeru skrobiowego z dodatkiem 5% zwiercin i skażonych jonami wapnia i magnezu (tablice 2-5, poz. 2)

**Figure 8.** Results of measurements of HPHT filtration at a temperature of 120°C on a ceramic disc of muds prepared on the basis of starch polymer with the addition of 5% drill cuttings and contaminated with calcium and magnesium ions (tables 2-5, item 2)

Dodatkowo rdzenie po badaniu filtracji na aparacie Grace M2200 zaprezentowano na fotografii (rysunek 10).

Zabrane wyniki pomiarów właściwości płuczek pozwoliły na dobór optymalnych polimerów do ograniczania filtracji. Porównanie wyników filtracji wykonanych różnymi metodami



**Rysunek 9.** Wyniki pomiarów filtracji HPHT w temperaturze 60°C na krążku ceramicznym płuczek sporządzonych na osnowie polimeru skrobiowego z dodatkiem 5% zwiercin i skażonych jonami wapnia i magnezu (tablice 2-5, poz. 2)

**Figure 9.** Results of measurements of HPHT filtration at a temperature of 60°C on a ceramic disc of muds prepared on the basis of starch polymer with the addition of 5% drill cuttings and contaminated with calcium and magnesium ions (tables 2-5, item 2)



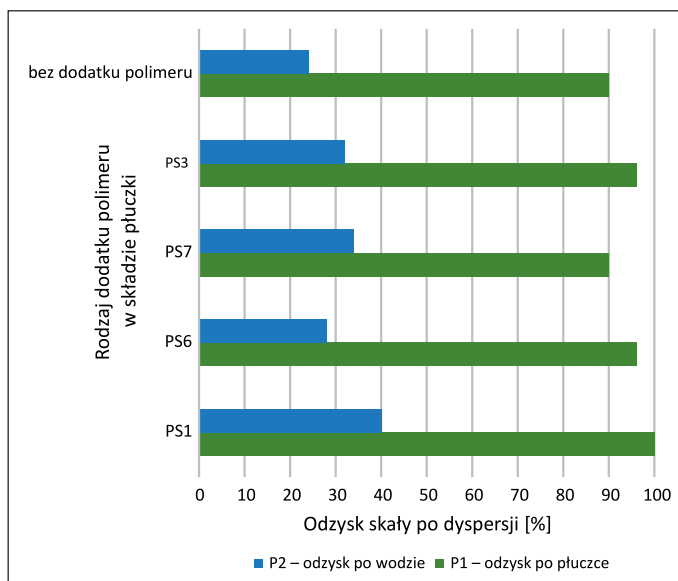
**Rysunek 10.** Rdzenie ceramiczne po badaniu filtracji na aparacie Grace M2200 HPHT w temperaturze 60°C: 1 – płuczka z dodatkiem 0,7% polimeru PS1, 2 – płuczka z dodatkiem 0,7% polimeru PS6, 3 – płuczka z dodatkiem 0,7% polimeru PS7

**Figure 10.** Ceramic cores after filtration test on the Grace M2200 HPHT apparatus at a temperature of 60°C: 1 – mud with the addition of 0.7% of the PS1 polymer, 2 – mud with 0.7% of the PS6 polymer, 3 – mud with the addition of 0.7% of the PS7 polymer

pozwoiliło na ustalenie zależności pomiędzy nimi oraz na określenie wpływu warunków pomiaru na jego wynik. Wyniki wstępnych badań płuczek z dodatkiem 10% zwiercin i barytu, opisanych w metodyce, zebrano w tabeli 1 (płuczki na osnowie polimeru skrobiowego). Wyniki badania płuczek z dodatkiem wybranych polimerów w ilości 0,5%, 0,7% i 1,0% (PS1, PS3, PS6, PS7) wykazujących największe obniżenie filtracji oraz z dodatkiem zwiercin i skażeń chemicznych (CaCl<sub>2</sub> i MgCl<sub>2</sub>) ujęto w tabelach 2-5. Wyniki przeprowadzonych pomiarów filtracji (rysunki 6-9) oraz pomiarów dyspersji łupku miocieńskiego (rysunek 11) w środowisku badanych płuczek przedstawiono na wykresach słupkowych. Dodatkowo rdzenie po badaniu filtracji na aparacie Grace M2200 zaprezentowano na fotografii (rysunek 10). Badania dyspersji łupku miocieńskiego przeprowadzono w środowisku płuczek z dodatkiem 0,7% polimeru obniżającego filtrację oraz bez dodatku polimeru niezawierających zwiercin i skażeń chemicznych. Badania



przeprowadzono dla najbardziej efektywnych polimerów: PS1, PS3, PS6 i PS7.



**Rysunek 11.** Wyniki dyspersji łupku miocenińskiego w środowisku płuczek z dodatkiem 0,7% polimerów syntetycznych w porównaniu z płuczką bez dodatku polimerów

**Figure 11.** The results of the Miocene shales dispersion in the muds with an addition of 0.7% of synthetic polymers compared to the mud without the addition of polymers

### Podsumowanie i dyskusja wyników

Przeprowadzone badania potwierdziły w przypadku większości użytych w składach płuczek polimerów syntetycznych ich zdolność do obniżania filtracji w warunkach HPHT. Ich działanie jest szczególnie widoczne w płuczkach zawierających zwierzynę. Potwierdza to określone w zaleceniach producenta warunki stosowania tych polimerów. Do efektywnego ograniczenia filtracji środki te wymagają odpowiedniej ilości fazy stałej, zapewniającej powstanie osadu filtracyjnego, który następnie może być doszczelniony przez badane polimery. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na dobór do płuczek wiertniczych polimerów syntetycznych wykazujących największą zdolność obniżania filtracji w warunkach HPHT. Najniższe wartości filtracji zarówno API, jak i w warunkach HPHT wykazywały płuczki zawierające PS1, PS6 lub PS7.

W przypadku polimerów PS1 i PS7 użycie ich w ilości 0,5% wystarcza do skutecznego obniżenia filtracji, a zwiększenie ilości do 1% powoduje nawet nieznaczne pogorszenie efektywności ich działania. W przypadku PS6 najlepszą efektywność uzyskano także przy stężeniu 0,5%, a dalszy wzrost stężenia (już przy 0,7%) również pogarsza zdolności obniżania filtracji. Takie działanie polimerów związane jest prawdopodobnie ze wzrostem lepkości płuczki wiertniczej przy

wyższych stężeniach polimerów i z wolniejszym w związku z tym tworzeniem osadu filtracyjnego.

Porównanie metod pomiaru filtracji dla tych samych płuczek użytych w badaniu wskazuje na występowanie zależności pomiędzy ich wartościami. Wartości filtracji uzyskane na rdzeniu ceramicznym z użyciem aparatu Grace M2200 HPHT są zdecydowanie niższe niż otrzymane na krążkach ceramicznych przy użyciu statycznej lub dynamicznej prasy filtracyjnej. Najwyższe wartości otrzymywano natomiast na dynamicznej prasie filtracyjnej HPHT. Analiza wyników wykazała, że wartości filtracji uzyskane na statycznej prasie filtracyjnej HPHT stanowią 80–85% wartości filtracji uzyskanych na prasie dynamicznej HPHT, a wartości filtracji uzyskane przy użyciu aparatu Grace M2200 HPHT stanowią 45–50% wartości uzyskanych na prasie dynamicznej HPHT i 55–60% wartości uzyskanych na prasie statycznej HPHT. Najwyższe wartości filtracji na prasie dynamicznej są najprawdopodobniej spowodowane utrudnionym tworzeniem się osadu filtracyjnego podczas ciągłego mieszania płuczki – natomiast pomiar filtracji na aparacie Grace M2200 HPHT odbywa się przez boczne ścianki rdzenia, a osad nie jest zrywany przez mieszadło, występuje tylko omywanie rdzenia przez płuczkę wywołane rotacją elementu imitującego przewód wiertniczy.

Wykonane badania dyspersji łupku miocenińskiego w środowisku płuczek potwierdziły niewielki korzystny wpływ badanych polimerów (PS1, PS3, PS6 i PS7) na ograniczanie hydratacji skał wrażliwych na działanie wody. Największą skuteczność inhibitowania hydratacji skał wykazała płuczka z dodatkiem polimeru PS1, wartości odzysku skały po płuczce i po wodzie wynosiły odpowiednio 100% i 40%.

Uzyskane wyniki oraz dane literaturowe wskazują dalszy kierunek badań nad zastosowaniem opracowanych polimerów do regulowania filtracji w warunkach HPHT. Według obecnie prowadzonych badań polimery tego typu w połączeniu z nanomateriałami wykazują znacznie większą efektywność działania jako środki do ograniczania filtracji podczas wierceń otworów o podwyższonej temperaturze.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Regulowanie filtracji płuczek wiertniczych w warunkach HPHT*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0025/KW/2021, nr archiwalny: DK-4100-0013/2021.

### Literatura

- Akhtarmanesh S., Atashnezhad A., Hareland G., Nygaard R., 2017. Application of Differential Evolution to Predict Wellbore Strengthening From Drilling Fluid Containing Nanoparticles HPHT Filtration Test Results. 51<sup>st</sup> U.S. *Rock Mechanics/ Geomechanics Symposium, San Francisco, California, USA*.
- Al-Ansari A., Yadav K., Anderson D., Leaper R., Dye W., Hansen N., 2005. Diverse Application of Unique High-Performance Water-Based-Mud Technology in the Middle East. *Society of Petroleum Engineers*. DOI: 10.2118/97314-MS.

- Al-Muhailan M.S., Rajagopalan A., Al-Shayji A.K., Jadhav P.B., Khatib F.I., 2014. Successful Application of Customized Fluid Using Specialized Synthetic Polymer in High Pressured Wells to Mitigate Differential Sticking Problems by Minimizing Pore Pressure Transmission. *International Petroleum Technology Conference, Kuala Lumpur, Malaysia*. DOI: 10.2523/IPTC-17913-MS.
- Arambulo S., Colque P., Alban E.D., Ahmed M., 2015. Case Studies Validate the Effectiveness of Aluminum-based HPWBM in Stabilizing Micro-Fractured Shale Formations: Field Experience in the Peruvian Amazon. *Society of Petroleum Engineers*. DOI: 10.2118/174854-MS.
- Balaban R.C., Vidal E.L.F., Borges M.R., 2015. Design of experiments to evaluate clay swelling inhibition by different combinations of organic compounds and inorganic salts for application in water base drilling fluids. *Applied Clay Science*, 105–106: 124–130, DOI: 10.1016/j.clay.2014.12.029.
- Beg M., Kesarwani H., Sharma S., 2019. Effect of CuO and ZnO Nanoparticles on Efficacy of Poly 4-Styrenesulfonic Acid-Co-Maleic Acid Sodium Salt for Controlling HPHT Filtration. *International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, UAE*. DOI: 10.2118/197703-MS.
- Bielewicz D., Bortel E., 2000. Polimery w technologii płuczek wiertniczych. *Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków*.
- Bielewicz D., Bortel E., Witek E., 2003a. Polimery amfoteryczne w zastosowaniu do płuczek wiertniczych. *Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków*.
- Bielewicz D., Wysocka M., Wysocki S., 2003b. Poliamfolit poli-(KAMPS-co-VAm · HCl) – skuteczny inhibitor hydratacji łupków. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz*, 20(1): 61–68.
- Bortel E., Witek E., Kochanowski A., 2003. Polielektrolity z mrami winyloaminowymi i produkty ich modyfikacji. *Przemysł Chemiczny*, 82(8–9).
- Calcada L.A., Scheid C.M., Calabrez N.D., Waldmann A.T.A., Martins A.L., 2014. A Simplified Methodology for Dynamic Drilling Fluid Filtration Estimation Considering Mudcake Compressibility. *International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana, USA*. DOI: 10.2118/168208-MS.
- Elkatatny S., 2019. Assessing the Effect of Micronized Starch on Rheological and Filtration Properties of Water-Based Drilling Fluid. *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Manama, Bahrain*. DOI: 10.2118/194965-MS.
- Fakoya M.F., Shah S.N., 2014. Enhancement of Filtration Properties in Surfactant-Based and Polymeric Fluids by Nanoparticles. *SPE Eastern Regional Meeting, Charleston, WV, USA*. DOI: 10.2118/171029-MS.
- Fakoya M.F., Shah S.N., 2018. Effect of Silica Nanoparticles on the Rheological Properties and Filtration Performance of Surfactant-Based and Polymeric Fracturing Fluids and Their Blends. *SPE Drill & Compl.*, 33: 100–114. DOI: 10.2118/163921-PA.
- Farahani M.V., Soleimani R., Jamshidi S., Salehi S., 2014. Development of a Dynamic Model for Drilling Fluid's Filtration: Implications to Prevent Formation Damage. *SPE International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana, USA*. DOI: 10.2118/168151-MS.
- Federer-Kovács G., Mátrai A., 2013. Examination of Static and Dynamic Filtration on Core Plug Samples on High Temperature. *SPE European Formation Damage Conference & Exhibition, Noordwijk, The Netherlands*. DOI: 10.2118/165083-MS.
- Fernandez I.J., 2005. Evaluation of Cationic Water-Soluble Polymers With Improved Thermal Stability. *SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, The Woodlands, Texas*. DOI: 10.2118/93003-MS.
- Janota M., Bielewicz D., Witek E., 2002. Poliamfolit poli(KAMPS-co-VAm) – nowy polimer do regulacji parametrów reologicznych i filtracji płuczek wiertniczych. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz*, 19(1): 99–110.
- Jasiński B., 2017. Analiza skuteczności działania dodatków smarnych na podstawie badań przeprowadzonych z użyciem symulatora wiercenia Grace M2200. *Nafta-Gaz*, 73(5): 257–265. DOI: 10.18668/NG.2017.04.06.
- Jasiński B., 2018. Określenie dynamicznej filtracji płuczek wiertniczych w warunkach HPHT z użyciem nowatorskiej metody pomiarowej. *Nafta-Gaz*, 74(2): 85–95. DOI: 10.18668/NG.2018.02.02.
- Kalantariasl A., Zeinjahromi A., Bedrikovetsky P., 2014. External Filter Cake Buildup in Dynamic Filtration: Mechanisms and Key Factors. *SPE International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana, USA*. DOI: 10.2118/168144-MS.
- Kayser C., Bothof G., Wylde J., 2015. Development and Application of a State of the Art Fully Synthetic Single Filtration Control Additive Providing Optimum Rheology in WBM: An Innovation for the Medium Temperature Drilling Market. *SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, The Woodlands, Texas, USA*. DOI: 10.2118/173715-MS.
- Lv Q., Zhou T., Luan Y., Dong Z., 2021. Rheology and Dynamic Filtration of Foam Fracturing Fluid Enhanced by Cellulose Nanofibrils. *International Petroleum Technology Conference, Virtual*. DOI: 10.2523/IPTC-21361-MS.
- Mansoor H.H.A., Devarapu S.R., Samuel R., Sharma T., Ponmani S., 2021. Experimental Investigation of Aloe-Vera-Based CuO Nanofluid as a Novel Additive in Improving the Rheological and Filtration Properties of Water-Based Drilling Fluid. *SPE Drill & Compl.*, 36: 542–551. DOI: 10.2118/205004-PA.
- Onuoha I.E., Bilgesu H.I., Ameri S., 2011. Study of Drilling Fluid Additives and Their Impact on Smectite Inhibition, Marcellus Shale Inhibition and Filtration & Rheological Properties of Bentonite Based Drilling Fluids. *SPE Eastern Regional Meeting, Columbus, Ohio, USA*. DOI: 10.2118/149271-MS.
- Owoseni S., Alonge O., Isehunwa S., 2020. Novel Analytical Technique for Evaluating Static Mud Filtration During Drilling of Horizontal Wells. *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition, Virtual*. DOI: 10.2118/203724-MS.
- Ponmani S., Nagarajan R., Sangwai J.S., 2016. Effect of Nanofluids of CuO and ZnO in Polyethylene Glycol and Polyvinylpyrrolidone on the Thermal, Electrical, and Filtration-Loss Properties of Water-Based Drilling Fluids. *SPE Journal*, 21(02): 405–415. DOI: 10.2118/178919-PA.
- Salih A.H., Bilgesu H., 2017. Investigation of Rheological and Filtration Properties of Water-Based Drilling Fluids Using Various Anionic Nanoparticles. *SPE Western Regional Meeting, Bakersfield, California*. DOI: 10.2118/185638-MS.
- Salih A.H., Elshehabi T.A., Bilgesu H.I., 2016. Impact of Nanomaterials on the Rheological and Filtration Properties of Water-Based Drilling Fluids. *SPE Eastern Regional Meeting, Canton, Ohio, USA*. DOI: 10.2118/184067-MS.
- Vargas J., Roldán L.J., Lopera S.H., Cardenas J.C., Zabala R.D., Franco C.A., Cortés F.B., 2019. Effect of Silica Nanoparticles on Thermal Stability in Bentonite Free Water-Based Drilling Fluids to Improve its Rheological and Filtration Properties After Aging Process. *Offshore Technology Conference Brasil, Rio de Janeiro, Brazil*. DOI: 10.4043/29901-MS.
- Zhong H., Guan Y., Qiu Z., Feng J., Liu W., Wan Y., Zhang Y., 2021. Improvement of Rheological and Filtration Properties of Water-Based Drilling Fluids Using Bentonite-Hydrothermal Carbon Nanocomposites Under the Ultra-High Temperature and

High Pressure Conditions. *SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition, Virtual*. DOI: 10.2118/205539-MS. Zhou J., Cortes J., Nasr-El-Din H., 2018. Successful Replacement of Conventional Organophilic Clay with Novel Polymer as

Viscosifier and Filtration Control Agent in Mineral-Oil-Based Drilling Fluids. *SPE Liquids-Rich Basins Conference – North America, Midland, Texas, USA*. DOI: 10.2118/191776-MS.



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](mailto: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](mailto:malgorzata.uliasz@inig.pl)



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)



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 STYMULACJI WYDOBYCIA WĘGLOWODORÓW

- opracowanie receptur i badania płynów zabiegowych do stymulacji wydobycia ropy i gazu,
- symulacje przepływów w symulatorze i badania reologiczne w skali półtechnicznej,
- badania właściwości reologicznych cieczy jedno i wielofazowych (pian, emulsji) w warunkach HPHT,
- badania materiałów podsadzkowych zgodnie z normami ISO i API,
- badania przewodności szczeliny w zależności od użytego materiału podsadzkowego i płyny zabiegowego,
- określenie stopnia uszkodzenia szczelin płynami zabiegowymi,
- badania zjawiska embedment,
- opracowanie metod i laboratoryjne badania usuwania uszkodzenia strefy przyodwiertowej,
- badania kąta zwilżania, napięcia powierzchniowego i międzyfazowego,
- oznaczanie współczynnika porowatości i przepuszczalności skał,
- dobór i badania dodatków do cieczy stymulacyjnych (polimery, nanododatki, SPCz, inhibitory minerałów ilastych itp.),
- badania szybkości reakcji cieczy kwasujących ze skałami złożowymi,
- laboratoryjne symulacje zabiegów kwasowania w warunkach złożowych,
- badania przepływowe jedno i wielofazowe core flow na rdzeniach skalnych (określenie przepuszczalności, stopnia uszkodzenia, usuwania uszkodzenia itp.)
- badania zjawisk korozji występujących w górnictwie naftowym,
- dobór ochrony inhibitorowej zapobiegającej zjawiskom korozji,
- badania laboratoryjne oraz dobór metod i technologii wspomagających wydobycie węglowodorów (EOR),
- badania właściwości mechanicznych skał złożowych w warunkach HPHT,
- opracowanie i badania technologii utrzymania chłonności odwiertów geotermalnych.



Kierownik: dr hab. inż. Piotr Kasza, profesor INiG-PIB    Adres: ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno  
Telefon: 13 436 89 41 w. 5229    Faks: 13 436 79 71    E-mail: [piotr.kasza@inig.pl](mailto:piotr.kasza@inig.pl)



INSTYTUT NAFTY I GAZU  
– Państwowy Instytut Badawczy