

**Sławomir Wysocki\*, Danuta Bielewicz\*, Marta Wysocka\***

**BADANIA WPLYWU  
NOWO OPRACOWANYCH PŁUCZEK KATIONOWO-SKROBIOWYCH  
NA ZMIANĘ PRZEPUSZCZALNOŚCI OŚRODKA  
PRZY UŻYCIU FILTRÓW CERAMICZNYCH\*\***

**1. WSTĘP**

Dowiercanie złoża jest jedną z końcowych czynności wykonywanych podczas głębienia otworu. Jest też czynnością, podczas której należy zachować daleko posuniętą ostrożność w doborze komponentów płuczki i uwagę na przebieg możliwych zjawisk zachodzących w strefie przyotworowej. Zastosowanie niewłaściwej techniki wiercenia oraz nieodpowiedniej płuczki wiertniczej może doprowadzić do nieodwracalnego uszkodzenia tej strefy, co w drastycznych przypadkach może ograniczyć lub uniemożliwić eksploatację odwiertu.

**2. PRZYCZYNY USZKODZENIA PRZEPUSZCZALNOŚCI  
SKAŁ ZBIORNIKOWYCH**

W strefie przyotworowej, na styku cieczy ze skałą, zachodzi wiele zjawisk fizykochemicznych, powodujących zmiany przepuszczalności skał zbiornikowych. Głównymi przyczynami pogorszenia przepuszczalności mogą być:

- blokowanie przestrzeni porowych przez cząstki stałe wchodzące w skład płuczek wiertniczych i cieczy roboczych;
- pęcznienie i dyspergowanie ilów wchodzących w skład skały zbiornikowej pod wpływem filtratu i ich migracja (blokada ilowa);
- zjawiska kapilarne – wpływ względnych przepuszczalności i zmian zawartości wody, ropy i gazu w porach skały; efekty zwilżalności, blokowania porów filtratem (blokada wodna);

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Praca wykonana w ramach badań statutowych WWNiG AGH jest częścią pracy doktorskiej mgr. S. Wysockiego

- wytrącanie się nierozpuszczalnych soli w wyniku reakcji zachodzącej z udziałem jonów zawartych w wodach złożowych i w filtracie płuczkowym.

Podstawowymi sposobami ograniczania uszkodzenia przepuszczalności skał zbiornikowych przez cząstki stałe zawarte w cieczach do udostępniania i rekonstrukcji są:

- usunięcie fazy stałej z płuczki wiertniczej zatłaczanej do odwiertu,
- ograniczeniu filtracji do minimum.

Iły mogą występować również wewnątrz skał zbiornikowych, np. jako lepiszcze w piaskowcach. Często pokrywają one ściany kanalików porowych. Filtrat z płuczki przenikając do kanalików porowych może wywoływać hydratację tych ilów, powodując ich pęcznienie i zmniejszenie światła kanalików.

W celu ograniczenia hydratacji i pęcznienia minerałów ilastych wykorzystuje się inhibitory jonowe. Zastosowanie płuczki wiertniczej o odpowiednim stężeniu elektrolitów umożliwia:

- zmniejszenie hydratacji powierzchniowej – jeśli w płuczce są jony o niższej liczbie hydratacyjnej;
- regulację hydratacji osmotycznej – dehydratację, jeśli w płuczce jest wyższe stężenie jonów niż w minerałach ilastych;
- przeobrażenie powierzchni minerałów ilastych (hydrofobizację) – wyrażająca się zmniejszeniem zwilżalności skały przez filtrat.

Proces wymiany kationów jest w zasadzie odwracalny, ale niektóre kationy, jak  $K^+$ ,  $NH_4^+$ , mogą być stabilizowane w przestrzeniach międzypakietowych minerałów ilastych. Jednak stosowanie NaCl może prowadzić do wystąpienia zjawiska „szoku wodnego”, ponieważ pod wpływem jonów  $Na^+$  następuje przekształcenie minerałów ilastych w formę sodową „czułą” na wodę słodką. Związki wapnia ograniczają hydratację i pęcznienie skał ilastych w wyniku przekształcenia iltu w słabo pęczniejącą formę wapniową. Badania wykazały jednak, że w wyniku zetknięcia się nasyconego roztworu  $CaCl_2$  z wodą złożową zawierającą NaCl, w przestrzeni porowej następuje wytrącanie kryształków soli, co w efekcie prowadzi do zmniejszenia przepuszczalności skały. Stosunkowo najlepszymi inhibitorami hydratacji minerałów ilastych są jony potasu –  $K^+$  i jony amonowe –  $NH_4^+$  [1].

W celu zapobieżenia pęcznieniu ilów pokrywających kanaliki porowe korzystne wydaje się zastosowanie małowcząsteczkowych polimerów kationowych. Polimery te są to polikationy, które mogą zastępować w przestrzeniach międzypakietowych kationy wymienne. Polimer należy dobrać tak, aby miał on jak najmniejszą liczbę hydratacyjną, dzięki temu hydratacja iltu jest minimalna, a łańcuchy polimerowe, adsorbując się na różnych pakietach, dodatkowo umacniają strukturę minerału. W niniejszej pracy przebadano płuczki z polikationitami posiadającymi grupy aminowe I-rzędowe.

### 3. PŁUCZKI DO DOWIERCANIA ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW

W krajowej praktyce wiertniczej do przewiercania poziomów produktywnych stosowane są wyłącznie płuczki wodnodispersyjne, których składy są ciągle doskonalone w celu zminimalizowania ich szkodliwego wpływu na przepuszczalność skał zbiornikowych. Ze względu na możliwość zakolmatowania strefy złożowej, do dowiercania złóż stosowane są

obecnie płuczki beziłowe, których podstawowym składnikiem są biopolimery, jak np. XCD. Spełniają one zarówno rolę koloidu ochronnego jak i środka zapewniającego utrzymanie w zawieszeniu blokatora węglanowego. Dodatek środków skrobiowych wpływa na ograniczenie filtracji.

Do badań wytypowano dwie płuczki polikationowo-potasowe zawierające w składzie polimery kationowe: PAll oraz PNVAm\*HCl. Polimery do badań zostały zsyntezowane na wydziale WNiG AGH, są to niskocząsteczkowe polikationity zawierające w łańcuchach bocznych pierwszorzędowe grupy aminowe o stosunkowo niewielkiej zawadzie sterycznej [2].

#### 4. SKŁAD I PARAMETRY TECHNOLOGICZNE BADANYCH PŁUCZEK POLIKATIONOWO-SKROBIOWYCH

Pierwszym etapem badań było opracowanie składu płuczek, tak aby przy użyciu minimalnej ilości składników ich parametry mieściły się w założonych granicach (lepkość plastyczna 15÷30 mPa·s, granica płynięcia 15÷30 Pa, filtracja API poniżej 3 ml). Przeprowadzone badania wstępne doprowadziły do ustalenia składów przedstawionych w tabeli 1.

**Tabela 1**

Skład i parametry technologiczne płuczek polikationowo-skrobiowych z polimerami PNVAm\*HCl oraz PAll

Skład płuczki		Parametry technologiczne	
Emfloc	3%	Gęstość	1,22 g/cm <sup>3</sup>
Tylose EHH	0,2%	Lepkość plastyczna	28 mPa·s
XC-Polymer	0,2%	Lepkość pozorna	62,5 mPa·s
PNVAm*HCl	0,3%	Granica płynięcia	33 Pa
KHCO <sub>3</sub>	1%	Wytrzymałość strukturalna	4/5 Pa
Blokator węglanowy Baracarb 25	40%	Filtracja	2 ml
		pH	9
Emfloc	3%	Gęstość	1,21 g/cm <sup>3</sup>
Tylose EHH	0,1%	Lepkość plastyczna	25 mPa·s
XC-Polymer	0,1%	Lepkość pozorna	55 mPa·s
PAll	0,5%	Granica płynięcia	28,5 Pa
KHCO <sub>3</sub>	1%	Wytrzymałość strukturalna	4/6 Pa
Blokator węglanowy Blok M-25	40%	Filtracja	2,2 ml
		pH	9,1

Jako środek strukturotwórczy w opracowanych płuczkach zastosowano usieciowaną skrobię Emfloc, o podwyższonej odporności temperaturowej. Środek celulozowy (Tylose EHH) zastosowano do podwyższenia lepkości, natomiast biopolimer XC – w celu podwyższenia granicy płynięcia.

Niskocząsteczkowe polikationity oraz kwaśny węglan sodowy „odpowiadają” za inhibicję hydratacji ilów będących składnikami skał zbiornikowych. W skład płuczki wchodzi również blokator węglanowy o granulacji 25  $\mu\text{m}$ .

## 5. BADANIA ZMIAN PRZEPUSZCZALNOŚCI

W celu sprawdzenia stopnia uszkodzenia przepuszczalności skał przez badane płuczki opracowano metodę badawczą z wykorzystaniem dynamicznej prasy filtracyjnej HPHT i filtrów ceramicznych o przepuszczalności 10 D.

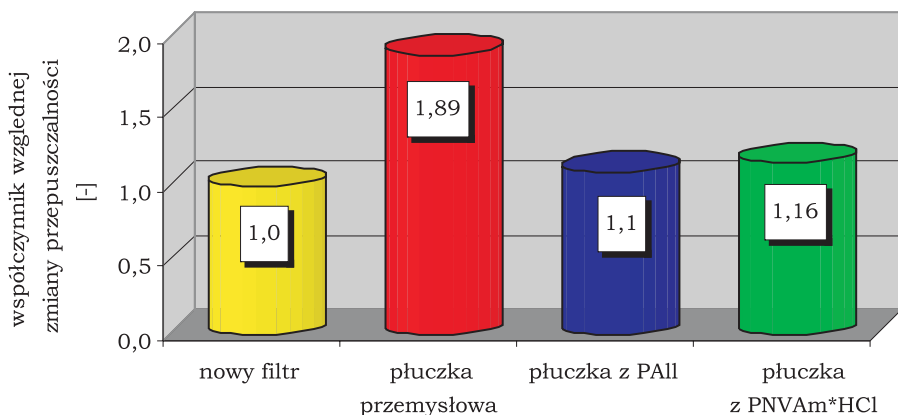
Opracowana metoda pozwala na wyznaczenie względnych współczynników zmiany przepuszczalności dla różnych cieczy, w różnych warunkach ciśnienia i temperatury. Na podstawie porównania względnych współczynników zmiany przepuszczalności można stwierdzić, która z badanych cieczy wywołuje większe uszkodzenie przepuszczalności w zadanych warunkach otworowych.

Metodyka badań:

1. Pomiar czasu wypływu cieczy kalibracyjnej (objętość 250 ml) o znanej lepkości (50 mPa·s) przez filtr ceramiczny o znanej przepuszczalności (10 D) – czas:  $t_0$ .
2. Filtracja badanej płuczki (objętość 250 ml) przez filtr o takiej samej przepuszczalności, w zadanych warunkach symulujących warunki otworowe (ciśnienie różnicowe 500 psi, temperatura 120°C).
3. Przeprowadzenie zabiegu kwasowania (przepuszczenie przez filtr 15-procentowego roztworu HCl).
4. Pomiar czasu wypływu cieczy kalibracyjnej o znanej lepkości (50 mPas) przez filtr ceramiczny użyty do filtracji – czas:  $t_1$ .
5. Wyznaczenie współczynnika względnej zmiany przepuszczalności jako stosunku czasu wypływu cieczy kalibracyjnej przez filtr po filtracji do czasu wypływu cieczy kalibracyjnej przez filtr „czysty”:  $Q = t_1/t_0$ .

Badania przeprowadzono dla dwóch płuczek polikationowo-skrobiowych oraz dla płuczki porównawczej, sporządzonej wg receptur jednego z krajowych serwisów płuczkowych. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 1.

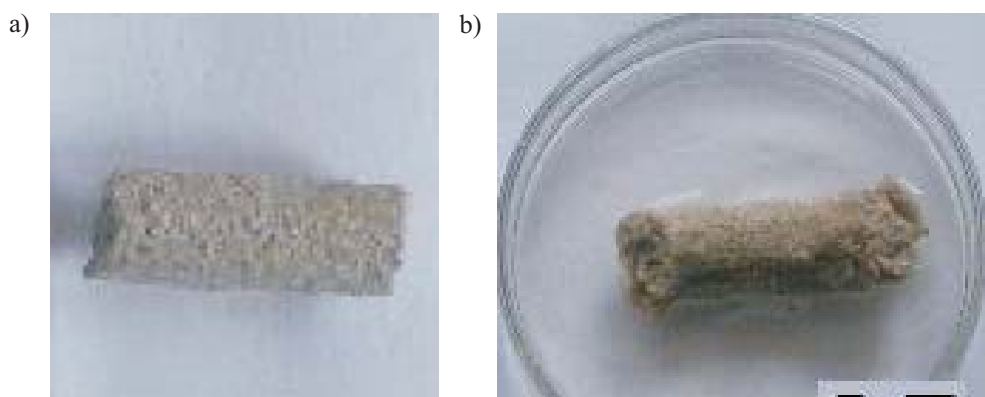
Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że płuczka polikationowo-skrobiowa z polimerami PAll oraz PNVAm\*HCl wpływa na zmianę przepuszczalności filtrów ceramicznych w dużo mniejszym stopniu niż płuczka stosowana obecnie w przemyśle.



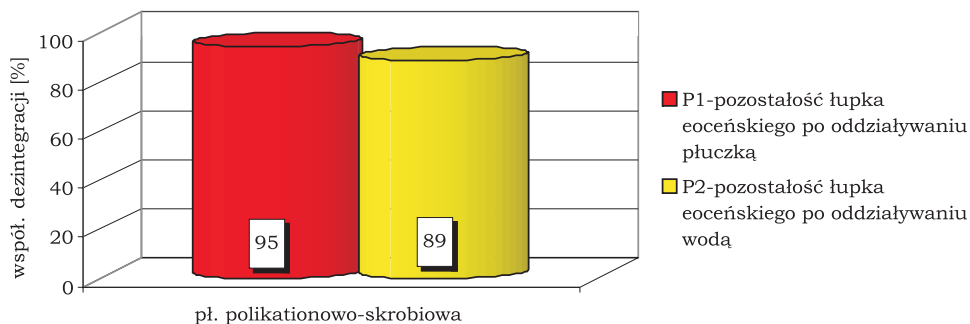
**Rys. 1.** Porównanie współczynników względnej zmiany przepuszczalności filtrów ceramicznych dla płuczek polikationowo-skrobiowych z polimerami PALL oraz PNVAm\*HCl i płuczki porównawczej (płuczka przemysłowa – skład wg receptur stosowanych przez jeden z krajowych serwisów płuczkowych)

## 6. TESTY PĘCZNIENIA BELECZEK IŁOWYCH QSE PELLETS ORAZ DEZINTEGRACJI ŁUPKA EOCENSKIEGO

W celu potwierdzenia właściwości inhibitujących hydratację iłów przez badane płuczki, przeprowadzono test pęcznienia beleczek QSE Pellets oraz test dezintegracji łupka eocenkiego. Test polega na zanurzeniu belecзки w filtracie uzyskanym z badanej płuczki na 24 godziny. Następnie porównuje się rozmiary belecзки przed i po teście. Wyniki badań płuczki polikationowo-potasowej z polimerem PNVAm\*HCl przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



**Rys 2.** Test pęcznienia beleczek QSE Pellets w filtracie uzyskanym z płuczki polikationowo-skrobiowej z polimerem PNVAm\*HCl: a) belecзка przed testem; b) płuczka polikationowo-skrobiowa z PNVAm\*HCl



**Rys. 3.** Test dezintegracji łupka eoceńskiego w płuczce polikationowo-skrobiowej z polimerem PNVAm\*HCl

Wyniki testów wykazują na skuteczne inhibitujące działanie badanej płuczki. Beleczka QSE Pellets spęcała w niewielkim stopniu i wykazuje stosunkowo dużą wytrzymałość mechaniczną.

Natomiast wyniki testu dezintegracji wykazują ponad 95-procentową skuteczność inhibicji hydratacji ilów przez płuczkę polikationowo-skrobiową z polimerem PNVAm\*HCl oraz trwałą adsorpcję polimeru, na co wskazuje wynik pomiaru po przemyciu próbek wodą destylowaną.

## 7. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że opracowane płuczki polikationowo-skrobiowe bardzo dobrze chronią przepuszczalność skał zbiornikowych przed uszkodzeniem. Świadczą o tym zmierzone wartości współczynnika względnej zmiany przepuszczalności, który dla badanych płuczek wynosi 1,1 dla płuczki z polikationem PAll oraz 1,16 dla płuczki z polikationem NVAm\*HCl, podczas gdy dla płuczki „porównawczej” (stosowanej w przemyśle) wyniosła 1,9.

Korzystne właściwości technologiczne badanych płuczek potwierdzają wyniki testów dezintegracji łupka eoceńskiego oraz pęcznienia beleczek QSE Pellets, jak również wyniki pomiarów parametrów reologicznych oraz odporności temperaturowej i odporności na skażenie solami jedno i dwuwartościowymi [2].

Ze względu na niewielką ilość składników użytych do sporządzenia płuczek charakteryzują się one możliwością łatwej regulacji parametrów technologicznych i stosunkowo niską ceną.

## LITERATURA

- [1] Herman Z.: *Ocena oddziaływania płuczek wiertniczych na skały ilaste i zbiornikowe w świetle badań laboratoryjnych*. Rocznik AGH Wiertnictwo Nafta Gaz, 17, 2000
- [2] Wysocki S.: *Nowe płuczki wiertnicze z użyciem polimerów amfolitycznych i kationowych do wiercenia w trudnych warunkach geologicznych oraz do dowiercania złóż węglowodorów*. Kraków 2007 (rozprawa doktorska)