

**Wiesław Bujok\*, Sebastian Krocza\*, Sławomir Wysocki\***

## **NOWA BEZIŁOWA PŁUCZKA POLIMEROWO-SKROBIOWA DO PRZEWIERCANIA SKAŁ ILASTYCH Z POLIMEREM PT-48 NA BAZIE WODY MORSKIEJ\*\***

### **1. WSTĘP**

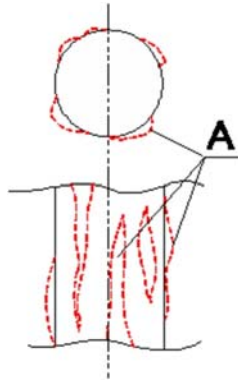
Wiercenie otworu w formacjach zbudowanych z materiału ilastego, często sięgających setek metrów miąższości, pociąga za sobą duże zagrożenia spowodowane między innymi naturalną tendencją iłów do pęcznienia i dezintegracji. W związku z tym dąży się do opracowania płuczek wiertniczych o takich recepturach, które będą minimalizować najczęściej występujące zagrożenia [3]:

- kawernowanie – często powodowane przepływem burzliwym płuczki w przestrzeni pierścieniowej, towarzyszy mu obsypywanie się zerodowanego materiału do otworu, co w skrajnych warunkach może doprowadzić do przychwycenia przewodu (rys.1);
- zmniejszanie średnicy otworu wiertniczego – jest spowodowane działaniem ciśnienia geostaticznego nadkładu na formację plastyczną, w przypadku gdy ciśnienie hydrostatyczne słupa płuczki nie równoważy ciśnienia bocznego. Należy więc przez sterowanie gęstością płuczki i ciśnieniem pomp utrzymywać odpowiednie ciśnienie w otworze by zbalansować ciśnienie złożowe i nie doprowadzić do nadmiernej filtracji, a w skrajnym przypadku do szczelinowania warstwy (rys. 2);
- naturalne kruszenie się skał – ze zjawiskiem tym najczęściej mamy do czynienia w rejonach aktywnych tektonicznie, gdzie ruchy górotworu powodują naturalne spękania skały lub w rejonach, gdzie z powodu warunków sedymentacji i wiązania skała iłowa jest niedostatecznie zwięzła. Można temu zapobiec zapewniając przepływ laminarny płuczki wiertniczej i utrzymywanie odpowiedniego ciśnienia w otworze (rys. 3);
- hydratacja skał pod wpływem filtratu płuczkowego: hydratacja powierzchniowa – zachodzi w wyniku adsorpcji wody przez kationy międzypakietowe oraz pakiety krzemionkowe. Znacznie większą ilość wody są w stanie zaadsorbować kationy sodowe niż wapniowe, potasowe czy magnezowe [2]; hydratacja osmotyczna – zachodzi w wyniku braku równowagi elektrochemicznej, to znaczy w różnicy stężeń jonów w przestrzeniach międzypakietowych i w płuczce [1]. Najłatwiej jest jej zapobiec, dodając do płuczki elektrolity o wysokiej koncentracji (rys. 4).

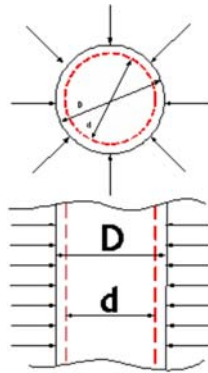
---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, AGH, Kraków

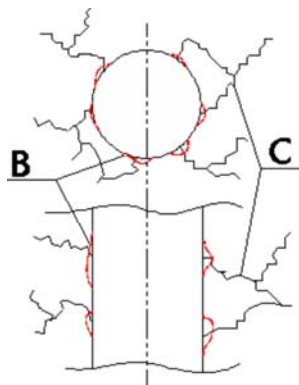
\*\* Praca wykonana w ramach badań statutowych



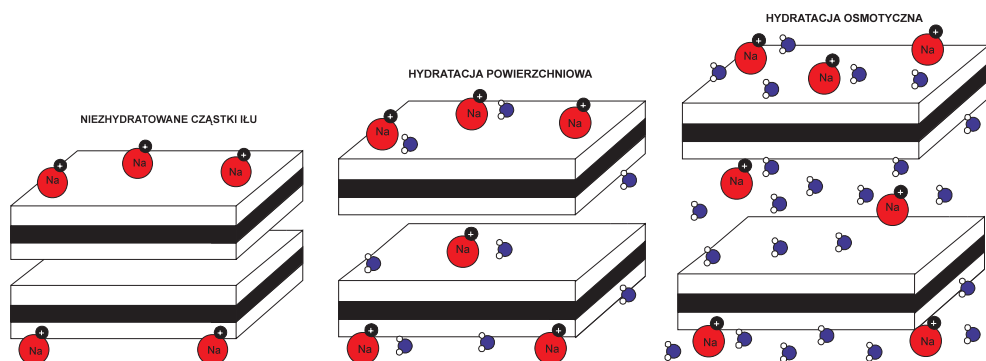
Rys. 1. Kawernowanie (A – kawerny)



Rys. 2. Zmniejszenie średnicy otworu (D – średnica pierwotna, d – średnica zmniejszona pod wpływem ciśnienia górotworu)



Rys. 3. Kruszenie się skał (B – wykruszone elementy, C – spękania)



Rys. 4. Mechanizmy hydratacji ilów

W związku z powyższym, płuczka wiertnicza powinna charakteryzować się odpowiednimi parametrami technologicznymi: lepkością zapewniającą przepływ laminarny w przestrzeni pierścieniowej, niską filtracją oraz możliwością obciążenia.



Rys. 5. Platforma wiertnicza

Z myślą o przyszłym zastosowaniu opracowanej płuczki w wierceniach morskich (rys. 5), podjęto decyzję o opracowaniu płuczki na bazie wody słonej. Sporządzanie płuczki o małej liczbie składników na osnowie wody słonej niesie za sobą wiele korzyści, zarówno ze względów ekonomicznych, jak i technicznych. Należy tutaj wymienić brak kosztów związanych z transportem wody słodkiej z lądu na platformę, jak i kosztów samej wody. Dodatkowo płuczka o małej liczbie składników jest łatwa w przygotowaniu w stosunkowo krótkim czasie, co ma znaczenie przy kosztach utrzymania platformy i ograniczonej powierzchni do składowania materiałów.

Woda morska stanowi ponad 96% wody obecnej w formie ciekłej na powierzchni Ziemi. Najbardziej charakterystyczną cechą wody morskiej jest wysokie stężenie kationów

sodu ( $\text{Na}^+$ ), potasu ( $\text{K}^+$ ), magnezu ( $\text{Mg}^{2+}$ ) i wapnia ( $\text{Ca}^{2+}$ ) oraz anionów chlorkowych, siarczanowych oraz węglanowych, które łącznie nadają wodzie morskiej intensywnie gorzki lub gorzko-słony smak i powodują, że nie nadaje się ona do picia. Woda morska ma odczyn lekko alkaliczny ( $\text{pH} = 7,5$  do  $8,4$ ). Stężenie jonów w wodzie morskiej przelicza się często na taką zawartość wagową chlorku sodu w  $1 \text{ dm}^3$  wody, która dawałaby podobne średnie stężenie molowe wszystkich jonów. Stężenie to w oceanach jest względnie stałe i zależy głównie od strefy klimatycznej w której dokonuje się pomiaru. Wynosi ono 32–40 promila. W morzach stężenie to waha się w granicach od 3 do 50‰. Wszystkie oceany i morza otwarte zawierają takie same sole będące w takim samym stosunku procentowym. Woda z poszczególnych zbiorników różni się między sobą jedynie stężeniem, czyli stosunkiem ilości wszystkich soli do ilości wody. Jest to podstawowa reguła stałości składu wody morskiej zwana regułą Dittmara [4].

Polimer PT-48 jest mieszaniną zmodyfikowanych biopolimerów wyprodukowaną przez Polymer Technologies z Krakowa, zawiera w swoim składzie m.in. jony  $-\text{SO}_3^-$  oraz  $-\text{CO}_3^-$ , które przyczyniają się do zwiększenia jego odporności na zasolenie.

## 2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

### 2.1. Badania wstępne

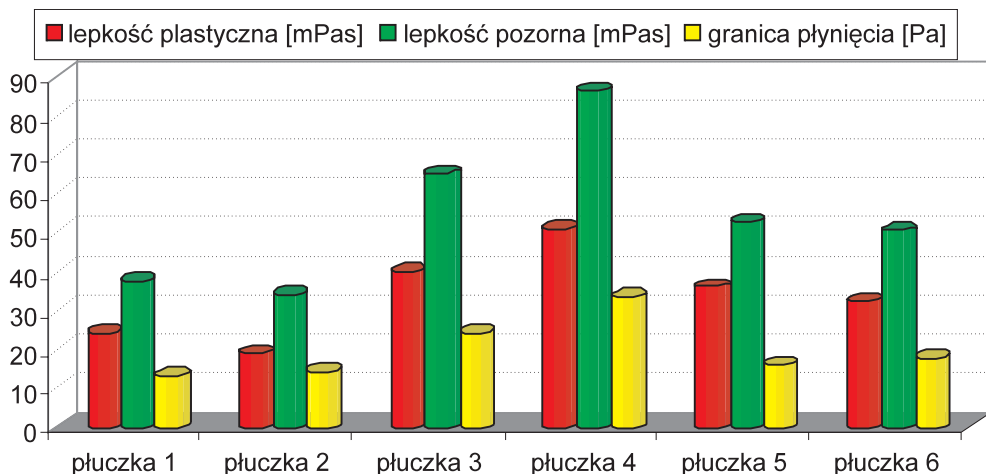
Przed rozpoczęciem badań laboratoryjnych zostały poczynione następujące założenia:

- płuczka będzie sporządzana na bazie wody morskiej o zasoleniu 30 promili, w skład której będą wchodzić sole  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  we właściwych proporcjach [4],
- pomiary parametrów płuczki będą mierzone 24 godziny po sporządzeniu,
- pomiary parametrów płuczki będą wykonywane w temperaturze  $25^\circ\text{C}$ .

Badania wstępne polegały na opracowaniu receptury płuczki, na której będą prowadzone dalsze dokładne badania. W tym celu sporządzono sześć płuczek, których skład jest przedstawiony w tabeli 1. W badaniach użyto Rotomagu, czyli skrobi zmodyfikowanej, tak aby osiągnąć wyższą odporność na jony magnezu. Badania prowadzone były wg obowiązujących norm API [5] oraz polskiej normy branżowej [6]. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 6.

**Tabela 1**  
Skład badanych płuczek

Płuczka 1	Płuczka 2	Płuczka 3	Płuczka 4	Płuczka 5	Płuczka 6
1% PT-48 3% skrobia	1% PT-48 3% skrobia 0,01% XCD 0,01% PHPA	1% PT-48 4% skrobia	1% PT-48 5% skrobia	0,5% PT-48 4% skrobia	1% PT-48 3,5% skrobia



Rys. 6. Wyniki badań parametrów reologicznych płuczek przedstawionych w tabeli 1

Przeprowadzone badania pokazały, że parametry reologiczne rosną wraz ze wzrostem stężenia skrobi. W przypadku płuczki nr 2 zaobserwowano obniżenie parametrów reologicznych i znaczący wzrost filtracji (filtracja API: 80 ml). Świadczy to, o niekompatybilności zastosowanego polimeru (PHPA) z wodą słoną. Ostatecznie do dalszych badań wytypowano płuczkę nr. 6 (o składzie: 3,5% skrobi i 1% PT-48). Czynnikiem decydującym okazała się filtracja, która w przypadku płuczki 6 była najmniejsza (filtracja API: 7 ml).

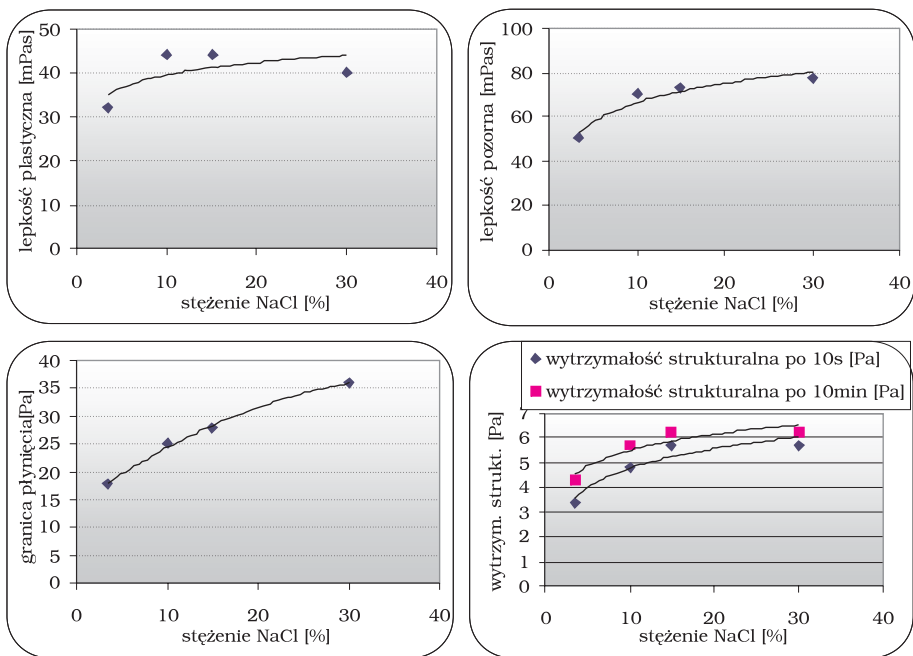
## 2.2. Skażenie solami

W trakcie wiercenia często napotyka się na nieprzewidziane przeszkody: dopływy słonej wody albo wkładki z formacji solnych. Zarówno jedno, jak i drugie mogą być źródłem soli jedno lub dwuwartościowych, które mają znaczący wpływ na parametry płuczki wiertniczej. W związku z tym przeprowadzono badania odporności opracowanej płuczki na skażenie jonami jedno- i dwuwartościowymi. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 7 i 8.

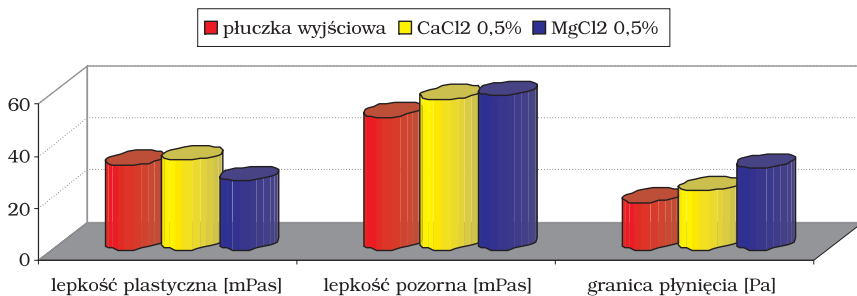
W miarę zwiększania koncentracji jonów jednowartościowych lepkość plastyczna, pozorna i granica płynięcia wykazują tendencję rosnącą, przy czym zmiany te zawierają się w akceptowalnych granicach.

W przypadku skażenia bardziej „agresywnymi” jonami dwuwartościowymi zmiany parametrów reologicznych są jeszcze mniejsze niż po dodaniu chlorku sodu.

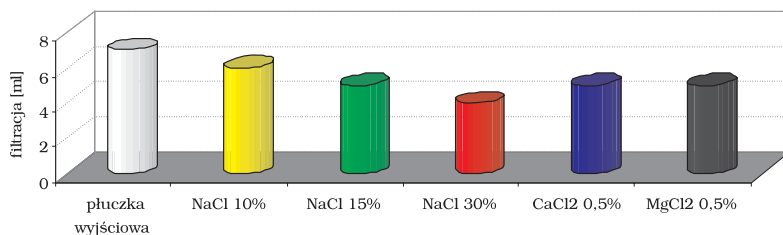
Dodatek soli obydwu rodzajów korzystnie wpływa na filtrację, która przy zawartości 30% NaCl w płuczce maleje prawie dwukrotnie w stosunku do filtracji płuczki nieskażonej i wynosi 4 ml (rys. 9). Wyniki badań pokazują, że płuczka jest odporna na skażenie solami jedno i wielowartościowymi. Powoduje to, że zbędne staje się stosowanie dodatkowych środków ochronnych, i umożliwia obciążanie płuczki za pomocą chlorku sodu (do gęstości ok. 1,2 g/cm<sup>3</sup>).



Rys. 7. Wpływ chlorku sodu na parametry reologiczne badanej płuczki



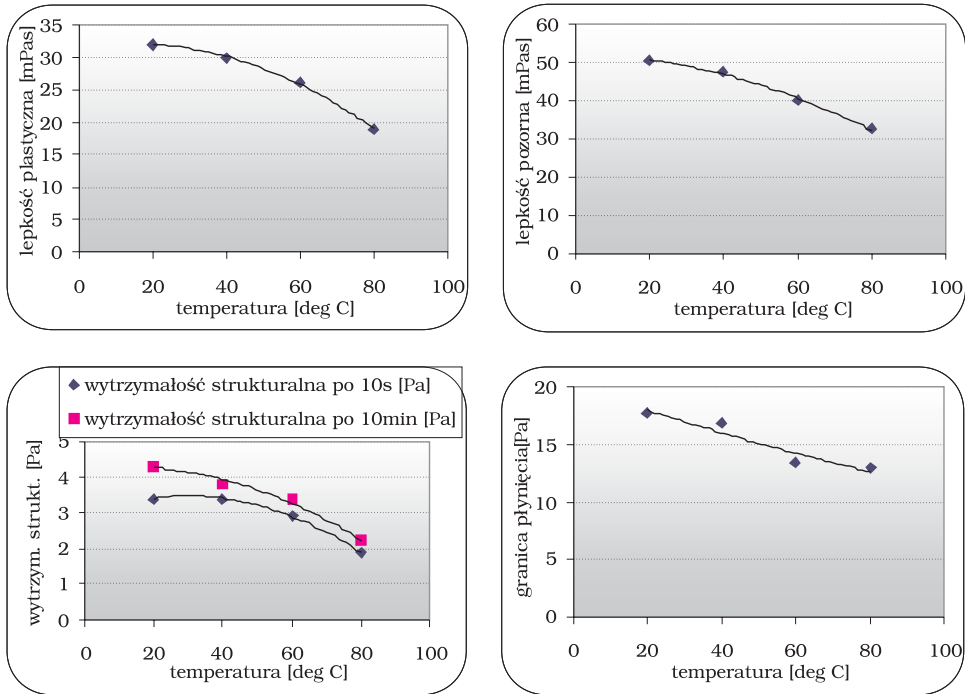
Rys. 8. Wpływ jonów wapnia i magnezu na parametry reologiczne badanej płuczki



Rys. 9. Wpływ jonów jedno i dwuwartościowych na filtrację badanej płuczki

### 2.3. Odporność temperaturowa

Płuczki wiertnicze narażone są na duże wahania temperatury, szczególnie w przypadku wierceń głębokich. Toteż zmiany ich parametrów pod wpływem tych wahań powinny być możliwie małe. Płuczkę badano w temperaturach 20, 40, 60 oraz 80 stopni Celsjusza. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 10.



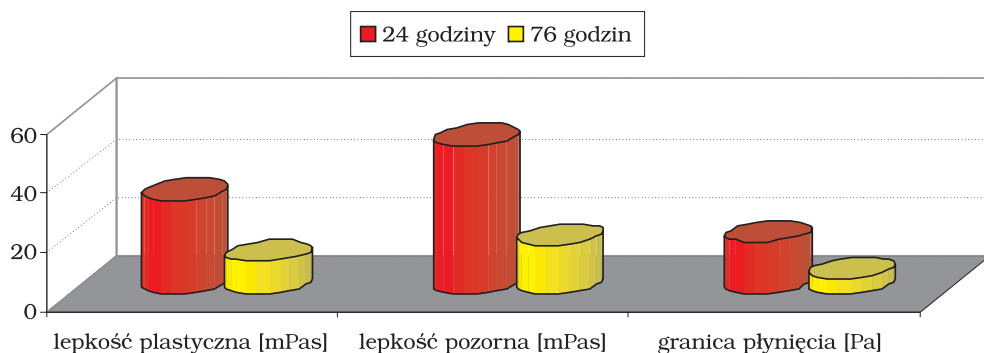
Rys. 10. Wpływ temperatury na parametry reologiczne badanej płuczki

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że parametry technologiczne płuczki, ze wzrostem temperatury, ulegają obniżaniu i osiągają wartości korzystne dla wiercenia.

### 2.4. Biodegradowalność

Zdolność płuczek do biodegradacji zaczyna być cenioną cechą w dobie rosnącej troski o środowisko. Biorąc pod uwagę fakt, że płuczka zawiera związki organiczne (skrobia i biopolimery), było wysoce prawdopodobne, że ulegnie rozkładowi w miarę upływu czasu. Aby to potwierdzić pozostawiono płuczkę na 76 godzin w temperaturze pokojowej, a następnie zmierzono jej parametry technologiczne (rys. 11).

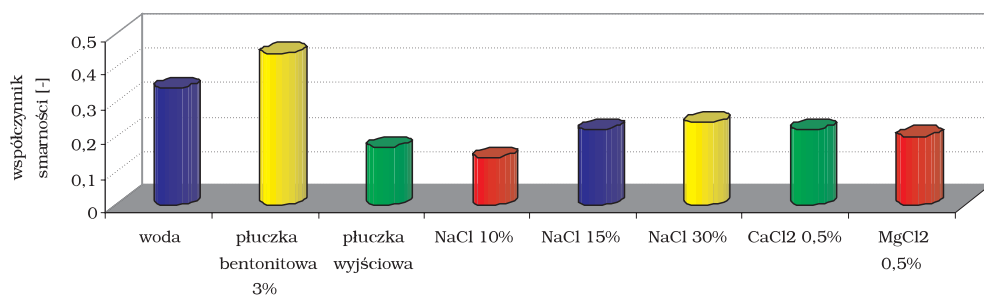
Zaobserwowano znaczny spadek parametrów technologicznych badanej płuczki, co świadczy o jej biodegradowalności.



Rys. 11. Zmiana parametrów reologicznych badanej płuczki na skutek biodegradacji

## 2.5. Smarność

Kolejnym ważnym parametrem płuczki wiertniczej jest smarność. Badania współczynnika smarności płuczek przeprowadzono przy użyciu aparatu „Lubricity Tester”. Dla porównania przedstawiono wyniki pomiarów współczynnika smarności dla czystej wody oraz dla 3% płuczki bentonitowej. Wyniki przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Współczynnik smarności badanych płuczek w porównaniu z 3% płuczka bentonitową

Przeprowadzone badania pokazały, że opracowana płuczka charakteryzuje się bardzo dobrą smarnością, a ewentualne skażenie solami nie wpływa znacząco na ten parametr.

## 2.6. Stabilizacja ilów

Najważniejszym zadaniem płuczki do przewiercania skał ilastych jest ochrona ilów przed hydratacją i pęcznieniem. W celu zbadania właściwości inhibitujących hydratację opracowanej płuczki przeprowadzono test pęcznienia beleczek ilastych QSE Pellets. Wyniki przedstawiono na rysunku 13.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że opracowana płuczka posiada bardzo dobre właściwości inhibitujące hydratację ilów. Zmierzony przyrost objętości beleczek testowej wyniósł 50%, dla wody był to wzrost o około 1500%.





**Rys. 13.** Wyniki badania pęcznienia beleczek iłowych pod wpływem wody i badanej płuczki:  
 a) beleczka wyjściowa, b) pęcznienie w wodzie, c) pęcznienie w płuczce

### 3. WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają na następujące stwierdzenia:

- opracowana płuczka wiertnicza zapewnia efektywną inhibicję hydratacji skal ilastych,
- nawet w warunkach skażenia wysoką koncentracją soli oraz w podwyższonej temperaturze płuczka utrzymuje swoją strukturę i parametry technologiczne,
- po upływie ok. 76 godzin – płuczka ulega biodegradacji,
- płuczka zapewnia bardzo dobre właściwości smarne, nawet mimo skażenia solami jedno- i dwuwartościowymi.

Dobre parametry technologiczne, niewielka ilość składników oraz możliwość sporządzenia płuczki na bazie wody morskiej, powoduje, że opracowana płuczka może znaleźć zastosowanie na platformach morskich przyczyniając się do obniżenia kosztów wiercenia.

### LITERATURA

- [1] Bailey L., Denis J.H., Maitland G.C.: *Chemicals in the Oil Industry: Developments and Applications*; Redwood Press Ltd., Melksham, Wiltshire, UK.
- [2] Uliasz M.: *Zastosowanie polimerów kationowych do inhibitowania hydratacji skal ilasto-lupkowych*; *Nafta-Gaz*, 10, 1995.
- [3] Niu Yabin i in.: *Research and Application of Amphoteric Polymers for Drilling Fluid*; SPE 029012.
- [4] [http://pl.wikipedia.org/wiki/Woda\\_morska](http://pl.wikipedia.org/wiki/Woda_morska).
- [5] API Specifications 13B-1, Thirteenth Edition, July 1, 1990.
- [6] Polska Norma Branżowa BN-90/1785-01, 1 październik 1990.