



UDC 622.245.42

## WYBRANE SYSTEMY CIECZY WIERTNICZYCH STOSOWANYCH PODCZAS WIERCENIA OTWORÓW I UDOSTĘPNIANIA ZŁOŻ

**Małgorzata Uliasz,**

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Polska.

**Sławomir Błaż,**

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Polska.

**Grzegorz Zima,**

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Polska.

**Bartłomiej Jasiński,**

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, Polska.

*W artykule przedstawiono najważniejsze kierunki badań laboratoryjnych przeprowadzonych w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym nad opracowaniem płuczek wiertniczych oraz cieczy specjalnych stosowanych do wiercenia otworów i prac związanych z udostępnianiem złoża i przygotowaniem odwiertów do eksploatacji.*

## ОКРЕМІ ГІДРАВЛІЧНІ СИСТЕМИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ПРОЦЕСІ БУРІННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СВЕРДЛОВИН

**Малгожата Уліас,**

Інститут нафти і газу – Державний дослідницький інститут, Польща.

**Славомир Блаж,**

Інститут нафти і газу – Державний дослідницький інститут, Польща.

**Гжегож Цима,**

Інститут нафти і газу – Державний дослідницький інститут, Польща.

**Бартомей Ясінскі,**

Інститут нафти і газу – Державний дослідницький інститут, Польща.

*У статті представлені найбільш важливі напрямки лабораторних випробувань, проведених в Інституті нафти і газу - Державний науково-дослідний інститут з розробки бурових розчинів і спеціальних рідин, використовуваних для буріння і робіт, пов'язаних із підготовкою свердловин та родовища до експлуатації.*

### Wstęp

Rozwój technologii cieczy wiertniczych determinują warunki geologiczno-złożowe występujące w rejonach prowadzonych wierceń oraz w odwiertach eksploatacyjnych na obszarze Polski. W wyniku realizowanych w INiG – PIB badań laboratoryjnych, opracowywane są nowe rodzaje płuczek wiertniczych i cieczy roboczych jak również modyfikowane i doskonalone składy cieczy stosowanych w warunkach otworowych celem poprawy ich właściwości i poszerzenia przydatności wykorzystania w różnych warunkach złożowych. Takie ukierunkowanie badań systemów cieczy wiertniczych wynika w dużej

mierze z możliwości wykorzystania nowosyntezowanych środków chemicznych o wysokiej jakości, które często stanowią podstawowe ich składniki. Dotyczy to zarówno nowych rodzajów środków chemicznych i materiałów płuczkowych (związki aminowe, nanokrzemionka) stosowanych do opracowywania płuczek wodnodispersyjnych jak i substytutów dla oleju napędowego wykorzystywanych w płuczkach olejowodispersyjnych. Rozwojowi technologii cieczy wiertniczych sprzyja również szeroki dostęp do nowoczesnej aparatury badawczej pozwalającej na pomiar ich parametrów w warunkach otworopodobnych.

### Systemy płuczek wiertniczych w świetle badań laboratoryjnych i prób przemysłowych

Płuczka wiertnicza jako wieloskładnikowy układ dyspersyjno-kołoidalny, to jeden z czynników odgrywający ważną rolę w procesie wiercenia otworów. Dobrze zaprojektowany system płuczki wiertniczej dla określonych warunków geologiczno-technicznych oraz odpowiednia modyfikacja jej składu i właściwości w trakcie wiercenia otworu ma zasadniczy wpływ na prędkość wiercenia, utrzymanie odpowiedniego stanu technicznego otworu oraz prawidłowe dowiercanie i udostępnianie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego.

W celu poznania zmian parametrów płuczki w warunkach otworowych, w INiG – PIB, badania laboratoryjne prowadzone są z zastosowaniem specjalistycznej aparatury i metod badawczych. Przy ich użyciu możliwe jest określenie właściwości reologiczno-strukturalnych płuczki krążącej w otworze powodowane zmianą temperatury i ciśnienia w obecności zanieczyszczeń pochodzących z przewiercanych warstw i filtracji oraz jej właściwości inhibitujących mających wpływ na stateczność ściany otworu w warstwach skał ulegających dyspersji i pęcznieniu.

Do badań właściwości reologiczno-strukturalnych płuczek wiertniczych i ich filtracji w warunkach HPHT służy wysokotemperaturowy

wiskozymetr (rys. 1) i dynamiczna prasa filtracyjna (rys. 2). Natomiast na podstawie wyników badań dyspersji (dezintegracji), metodą obracania w piecu rollen oven (rys. 3) skały ilasto-lupkowej w środowisku danej płuczki wiertniczej, określana jest jej efektywność inhibitującego oddziaływania na stateczność ściany otworu. Badania dyspersji prowadzone są w dwóch etapach, najczęściej z wykorzystaniem wzorcowej skały ilasto-lupkowej. Etap pierwszy obejmuje dyspergowanie przygotowanej skały w postaci „zwiercin” w płuczce przez 16 godz., a następnie przemycie wodą na sicie odzyskanej próbki skały, wysuszenie jej do stałej masy, ważenie i obliczenie procentowego odzysku próbki po dyspersji w płuczce, czyli  $P_1$ . W etapie drugim zwierciny uzyskane z etapu pierwszego dyspergowane są w wodzie słodkiej przez 2 godz., których odzyskana ilość po wysuszeniu do stałej masy służy do obliczenia procentowego odzysku próbki po dyspersji w wodzie, czyli  $P_2$ .

Szerokim zakresem badań laboratoryjnych i prób przemysłowych objęte są płuczki wodnodyspersyjne, a kierunek prac badawczych dotyczy głównie płuczek wiertniczych inhibitowanych stosowanych do przewiercania warstw ilasto-lupkowych oraz do dowiercania skał zbiornikowych, których spoiwem są minerały ilaste.



Rys. 1. Wiskozymetr HPHT



Rys. 2. Dynamiczna prasa filtracyjna HPHT



Rys. 3. Piec obrotowy rollen oven

Powszechnie do wiercenia otworów w warstwach skał ilastych, występujących na obszarze Polski, stosowana jest płuczka potasowo-polimerowa, której właściwości inhibitujące zapewnia układ KCl-PHPA. Badania laboratoryjne wykazały, że jej stopień zapobiegania hydratacji skał, określony współczynnikiem  $P_1$ , wynosi ok. 70 ÷ 80% natomiast stopień zabezpieczenia tych samych

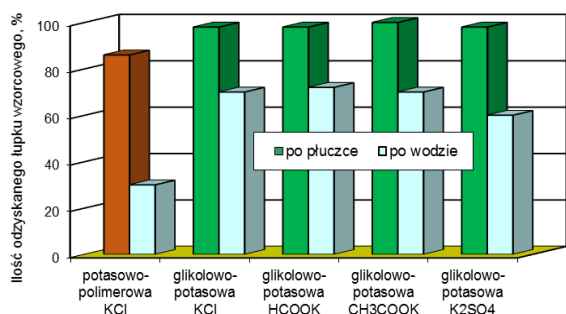
skał przez płuczki przed destrukcyjnym działaniem cieczy nie posiadającej właściwości inhibitujących, np. wody, wyrażony współczynnikiem  $P_2$ , mieści się w zakresie od ok. 20 do 30%, (rys. 4). Stosowana do dowiercania skał zbiornikowych zawierających minerały ilaste, może spowodować powyżej 20% utraty ich przepuszczalności, określonej współczynnikiem – WU (rys. 5). Na przestrzeni ostatnich kilku lat,

właściwości inhibitujące tej płuczki wykorzystywanej w warunkach otworowych uległy poprawie ze względu na stosowanie w jej składzie dodatkowego inhibitora polimerowego, tj. poliglikolu. Jak wskazują wyniki badań laboratoryjnych, ilość odzyskiwanej wzorcowej skały ilasto-lupkowej po oddziaływaniu płuczki otworowej zawierającej zestaw inhibitorów, tj. KCl-PHPA-poliglikol, i wody wynosi odpowiednio: ok. 90% ( $P_1$ ) oraz w granicach 40 ÷ 60% ( $P_2$ ).

Prowadzone w INiG – PIB badania laboratoryjne inhibitowanych płuczek wiertniczych ukierunkowane zostały na opracowanie płuczek o większej efektywności zapobiegania hydratacji przewierczanych skał ilasto-lupkowych, niż dotychczas stosowana, poprzez dobór nowych rodzajów inhibitorów polimerowych i jonowych (organicznych i nieorganicznych). W wyniku tych badań opracowano m.in. takie rodzaje płuczek inhibitowanych jak: glikolowo-potasowa, krzemianowa oraz aminowo-glikolowa.

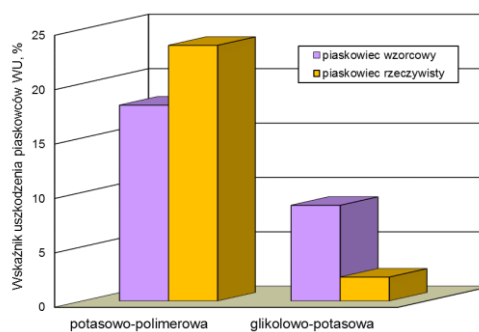
W składzie opracowanej **płuczki glikolowo-potasowej** [5], w funkcji inhibitora polimerowego wykorzystano kopolimer tlenku etylenu i propylenu w połączeniu z emulgatorem poprawiającym jego rozpuszczalność w wodzie, stanowiącym związek chemiczny na bazie oleju rycynolowego. Natomiast w funkcji inhibitora jonowego zastosowano sole potasowe zarówno

nieorganiczne ( $KCl$ ,  $K_2SO_4$ ) jak i organiczne ( $HCOOK$ ,  $CH_3COOK$ ). Zastosowanie w składzie płuczki glikolowo-potasowej zestawu inhibitorów, tj. sól potasowa – poliglikol, w połączeniu z koloidem ochronnym i środkiem strukturotwórczym pozwoliło na otrzymanie stabilnego i trwałego układu koloidalnego o odpowiednich parametrach reologiczno-strukturalnych i filtracji w temperaturze powyżej  $120^\circ C$ , a przede wszystkim wykazującego wysoką zdolność ograniczania hydratacji skał ilastych. Istotnym dowodem skuteczności inhibitującego działania tej płuczki były ilości odzyskiwanych próbek skał ilasto-lupkowych dyspergowanych w jej środowisku i wody określone współczynnikami  $P_1$  i  $P_2$ , które wynosiły odpowiednio: 90 ÷ 100% oraz 70 ÷ 90%, (rys. 4). Ze względu na właściwości chemiczne poliglikolu jako organicznego inhibitora polimerowego i środka obniżającego napięcie powierzchniowe na granicy faz, opracowana płuczka może być także stosowana do dowiercania poziomów perspektywnych. Potwierdzeniem przydatności tej płuczki do dowiercania złóż były badania jej wpływu na zmiany przepuszczalności piaskowca wzorcowego i piaskowców pobranych z otworu. Badania te wykazały, że po oddziaływaniu na zastosowane piaskowce płuczki glikolowo-potasowej zawierającej 5% KCl i 4% poliglikolu, wartości współczynnika WU mieściły się w zakresie od 1 do max 10% (rys. 5).



**Rys. 4. Ilości odzyskanej próbki wzorcowej skały ilasto-lupkowej po działaniu płuczki glikolowo-potasowej zawierającej różne sole potasowe i potasowo-polimerowej oraz wody**

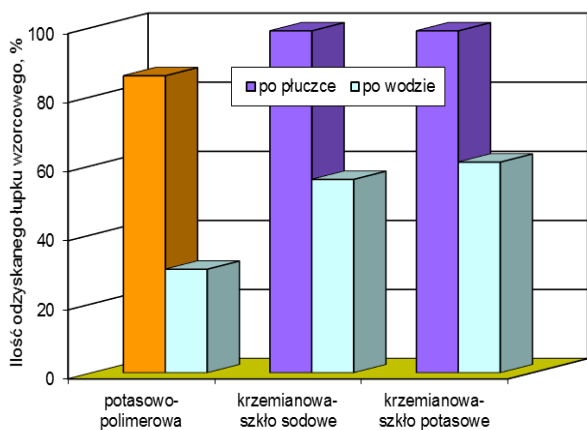
Opracowana płuczka glikolowo-potasowa zastosowana została do wiercenia w warstwach nadcechsztyńskich, soli i ilów plastycznych w głębokości 700 ÷ 3200 m oraz podczas przewiercania utworów miocenu i dowiercania piaskowców miocenijskich w interwałach 150 ÷ 1650 m. Próby przemysłowe płuczki glikolowo-potasowej o różnym stopniu zasolenia wykazały



**Rys. 5. Współczynnik utraty przepuszczalności piaskowca wzorcowego i pobranego z otworu po oddziaływaniu inhibitowanych płuczek wiertniczych**

wysoką skuteczność jej inhibitującego działania, na co wskazywały prawie nominalne średnice odwierconych otworów, wynoszenie twardego i dobrze oddzielającego się na sitach urobku. Ponadto płuczka ta odznaczała się dobrą smarnością, tolerancją na zanieczyszczenia fazą stałą pochodzącą z przewierczanych warstw oraz niską filtracją.

Szkła wodne, sodowe lub potasowe to podstawowe składniki opracowanej w INiG – PIB **płuczki krzemianowej** [5]. Są to rozpuszczalne w wodzie krzemiany: sodowy lub potasowy ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$  i  $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ ) jako polimery nieorganiczne ze skondensowanymi makroanionami i metalami zasadowymi w charakterze kationów. Opracowana płuczka krzemianowa, w składzie której zastosowano zestaw inhibitorów, tj. szkło wodne (sodowe lub potasowe) – KCl, charakteryzowała się wysokim stopniem inhibitowania hydratacji skał ilasto-lupkowych;  $P_1$ :  $90 \div 100\%$ , a  $P_2$ :  $60 \div 70\%$ , (rys. 6). Użyte do jej sporządzenia koloidy ochronne wykazywały synergistyczne działanie ze szkłem wodnym posiadającym wysokie wartości pH i tworzyły stabilny system płuczki odpornej na pełne zasolenie, skażenia zwiercinami, solami metali dwuwartościowych, zachowując równocześnie zdolność do regulowania parametrów reologiczno-strukturalnych i filtracji w temperaturze mieszczącej się w zakresie odporności koloidów ochronnych. Opracowana na osnowie szkła potasowego płuczka krzemianowa zastosowana została do przewiercania utworów nasunięcia karpacko-stebnickiego w głębokości  $200 \div 1350$  m oraz utworów miocenu autochtonicznego w głębokości  $200 \div 700$  m. Przeprowadzona próba przemysłowa tej płuczki potwierdziła przede wszystkim wysoką skuteczność jej inhibitującego działania jak

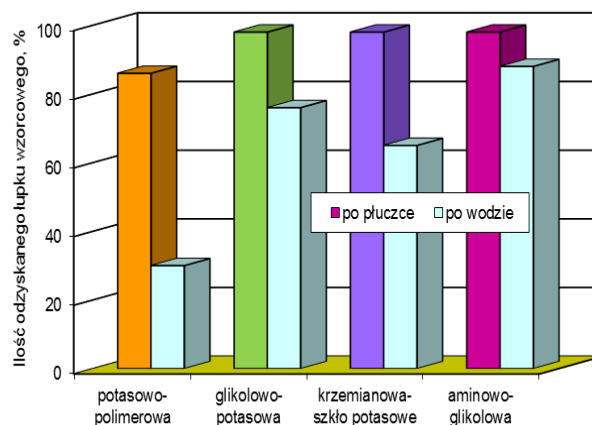


**Rys. 6.** Ilości odzyskanej próbki wzorcowej skały ilasto-lupkowej po działaniu płuczek krzemianowych i potasowo-polimerowej oraz wody

W INiG – PIB przeprowadzone zostały także badania nad opracowaniem płuczek wiertniczych o właściwościach spełniających wymagania płuczek do wiercenia otworów kierunkowych i

również łatwość regulacji parametrów reologicznych i filtracji w trakcie głębiania otworu, dobre oczyszczanie otworu ze zwiercin i szybki postęp wiercenia (ok. 200 m/dobę).

Podstawowymi środkami chemicznymi odpowiedzialnymi za właściwości inhibitujące nowo opracowanej w INiG – PIB **płuczki aminowo-glikolowej** [7, 8, 12] to: syntetyczne polimery kationowe z I-rzędowymi grupami aminowymi o różnej masie molowej, tj. poliwinylamina – PVAm-M i PVAm-W, KCl w ilości zapewniającej stężenie jonów chlorkowych powyżej  $30 \text{ g/dm}^3$  oraz poliglikol pełniący rolę zarówno dodatkowego inhibitora polimerowego jak i środka zapobiegającego procesowi koagulacji płuczki. Przeprowadzone badania wykazały, że sporządzona płuczka zawierająca odpowiednie ilości PVAm-W i PVAm-M charakteryzowała się wysoką skutecznością ograniczania hydratacji skał ilasto-lupkowych, o czym świadczyły wartości współczynników  $P_1$  i  $P_2$ , które wynosiły odpowiednio: ok. 100% oraz od 80 do powyżej 90% (rys. 7). Opracowana płuczka cechowała się kompatybilnością z polimerami służącymi do regulacji właściwości reologiczno-strukturalnych oraz obniżania filtracji i tworzyła stabilny system płuczki odpornej na pełne zasolenie NaCl, skażenia zwiercinami oraz  $\text{CaCl}_2$  i  $\text{MgCl}_2$ , zachowując równocześnie odpowiednie parametry reologiczne i filtrację w temperaturze ponad  $100^\circ\text{C}$ .



**Rys. 7.** Ilości odzyskanej próbki wzorcowej skały ilasto-lupkowej po działaniu płuczki aminowo-glikolowej w porównaniu do innych płuczek inhibitowanych oraz wody

poziomych oraz w strefach o obniżonym ciśnieniu złożowym.

Wymagania dla płuczek stosowanych do wiercenia otworów o dużym kącie odchylenia są znacznie wyższe niż płuczek dla otworów



pionowych, które dotyczą głównie: oczyszczania otworu ze zwiercin, utrzymywania stateczności ściany otworu i fazy stałej w zawieszeniu, jak również zmniejszania sił tarcia podczas wyciągania i zapuszczania przewodu oraz zapobieganie uszkodzeniu przepuszczalności skały zbiornikowej. Powodzenie realizacji tych zadań zależy przede wszystkim od właściwości reologiczno-strukturalnych, a głównie wysokiej lepkości płuczki przy niskich prędkościach ścinania – LSRV, właściwości smarnych i inhibujących oraz niskiej filtracji. Takie właściwości posiadają opracowane płuczki, jak m.in.: bentonitowo-wodorotlenkowa, guarowa sieciowana jonami  $Al^{3+}$  i solno-polimerowa obciążana solą ziarnistą.

**Płuczka bentonitowo-wodorotlenkowa** [9] to rodzaj płuczki inhibitowanej, do sporządzania której zastosowano, opracowany w INiG – PIB, kompleksowy związek nieorganiczny o nazwie polichlorek wodorotlenku magnezowo-glinowego (WMG). Częsteczkę polichloru wodorotlenku magnezowo-glinowego tworzą warstwy, których struktura podobna jest do warstwy oktaedrycznej niektórych minerałów. Zasadniczą warstwę tego nieorganicznego związku kompleksowego stanowi wodorotlenek magnezowo-glinowy charakteryzujący się dodatnim ładunkiem elektrycznym.

WMG pełni rolę zarówno zagęstnika jak i polimeru nieorganicznego, który łącznie z bentonitem stanowi podstawowy składnik strukturotwórczy tej płuczki. Pakiety tego związku jako kationy adsorbują się na ujemnie naładowanych powierzchniach cząstek bentonitu i tworzą struktury koagulacyjne o właściwościach tiksotropowych, nazywane „kruchym żelem”. Strukturę żelową opracowanej płuczki otrzymywano w wyniku zmieszania uwodnionego bentonitu z WMG w stosunku 10:1, a następnie obróbki środkiem skrobiowym i NaOH do uzyskania  $pH > 10$ . Sporządzona płuczka posiadała zdolność zawieszania zwiercin o różnych rozmiarach ze względu na niskie wartości PV oraz wysokie wartości YP i wytrzymałości strukturalnej.

Wykorzystując właściwości chemiczne żywicy guarowej, jak możliwość sieciowania jej roztworów koloidalnych związkami glinu lub żelaza(III) w celu poprawy ich parametrów reologiczno-strukturalnych, opracowana została **płuczka guarowa sieciowana jonami glinu** [9, 13] posiadająca zdolność ograniczania hydratacji skał ilasto-łupkowych i uszkodzenia przepuszczalności skał zbiornikowych. Reakcje sieciowania żywicy prowadzono z udziałem soli

glinu, tj.  $Al_2(SO_4)_3$ , która w odpowiednim środowisku zasadowym zdolna jest także do tworzenia osadu  $Al(OH)_3$  spełniającego rolę środka mającego wpływ na właściwości reologiczne i inhibitacyjne płuczki. W wyniku zachodzących reakcji otrzymana suspensja płuczki, posiadająca wyższe wartości LSRV niż konwencjonalne płuczki polimerowe, wykazywała brak sedymentacji zwiercin oraz umożliwiała obciążania jej do gęstości ok.  $2,0 \text{ kg/dm}^3$ .

Do opracowania **płuczki solno-polimerowej** [6, 9] z blokatorem rozpuszczalnym w wodzie (sól ziarnista) wykorzystano efekt synergistycznego działania odpowiednich polimerów w środowisku pełnego nasycenia solą. Podstawowy składnik tej płuczki stanowiła mieszanina biopolimeru ze środkiem skrobiowym, który pełnił rolę środka odpowiedzialnego za jej właściwości strukturalne. Ze względu na specyficzne właściwości płuczki solno-polimerowej, jak podwyższona lepkość przy niskich prędkościach ścinania, niska filtracja i mały stopień uszkodzenia przepuszczalności skały zbiornikowej, może być stosowana do dowiercania poziomów produktywnych otworami pionowymi i poziomymi, a także wykorzystana jako ciecz do rekonstrukcji odwiertów.

Do wiercenia otworów w strefach o niskich gradientach ciśnienia złożowego (poniżej  $0,0098 \text{ MPa/m}$ ) i w warstwach szcerpanych stosowane są płuczki wiertnicze o gęstości  $< 1,0 \text{ kg/dm}^3$ , regulowanej głównie powietrzem przy użyciu specjalistycznego osprzętu. Do tego typu warstw, w INiG – PIB opracowana została nowa generacja płuczek wiertniczych zawierająca afrony (mikropęcherzyki powietrza) lub szklane mikrosfery (Glass Bubbles).

**Płuczka afronowa** [1, 11] o gęstości poniżej  $1,0 \text{ kg/dm}^3$ , cechuje się unikatowymi właściwościami reologicznymi, czyli LSRV, wynikającymi z obecności w jej składzie specjalnie zaprojektowanych, odpornych na ciśnienie (do ok.  $27 \text{ MPa}$ ) mikropęcherzyków powietrza stabilizowanych za pomocą filmu polimerowego z odpowiednio dobranymi surfaktantami. Zawartość afronów w płuczce wiertniczej, które wytwarzane są podczas jej mieszania, zazwyczaj wynosi od 12 do 15% obj. powietrza i określana jest poprzez pomiar gęstości płuczki. Jak wykazały badania, dodatek do płuczki potasowo-polimerowej mieszaniny SPCz generującej afrony oraz mieszaniny polimeru z SPCz do ich stabilizacji, umożliwił wytworzenie afronów w płuczce w ilości ok. 16% o wymiarach od ok.  $50$  do  $140 \mu\text{m}$  i czasie połowicznego rozpadu powyżej  $500$  godz. oraz obniżenie gęstości tej płuczki do ok.  $0,87 \text{ kg/dm}^3$ .

Wytworzone afrony w płuczce, posiadającej przy  $0,063 \text{ s}^{-1}$  LSRV powyżej  $90000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , skutecznie blokowały pory i szczeliny w „sztucznym złożu”.

**Płuczka zawierająca szklane mikrosfery** to kolejny rodzaj płuczki o obniżonej gęstości regulowanej specjalnym materiałem wykonanym ze szkła sodowo-wapniowego lub borokrzemowego. Glass Bubbles, które można dodawać do każdego rodzaju płuczki w max. ilości do 50% obj., charakteryzują się bardzo niską gęstością, od  $0,12$  do  $0,60 \text{ kg/dm}^3$ , i dużą odpornością na działanie ciśnienia nawet do ok.  $190 \text{ MPa}$ . Dodatek do płuczki glikolowo-potasowej szklanych mikrosfer o gęstości  $0,42 \text{ kg/dm}^3$  i odporności na działanie ciśnienia do ok.  $55 \text{ MPa}$ , w ilości  $5 \div 40\%$  obj. powodował obniżenie jej gęstości w zakresie  $1,04 \div 0,8 \text{ kg/dm}^3$  oraz wzrost parametrów reologiczno-strukturalnych i filtracji. Jak wykazały badania, 20% obj. tych mikrosfer w płuczce to ilość, która pozwala na otrzymywanie płuczki o gęstości  $0,92 \text{ kg/dm}^3$ , odpowiednich parametrach reologicznych i niskiej filtracji do wiercenia otworów w temperaturze ok.  $120^\circ\text{C}$  i ciśnieniu ok.  $50 \text{ MPa}$  [2].

Wielostronne zalety płuczek olejowodyspersyjnych dały nowy kierunek badań płuczek wiertniczych, w wyniku których opracowano **płuczkę inwersyjną typu W/O**, o stosunku fazy olejowej do wodnej 80:20 [3]. Fazę olejową stanowił olej o zmniejszonej toksyczności, mieszanina emulgatorów oraz bentonit hydrofobowy, natomiast fazę wodną – 25% roztwór  $\text{CaCl}_2$  o pH w zakresie 3 do 11,5. Obrabiona środkiem zwilżającym charakteryzowała się odpornością na skażenia fazą stałą i związkami chemicznymi, ES powyżej 300V, stabilnością parametrów reologiczno-strukturalnych i filtracji w temperaturze  $20 \div 120^\circ\text{C}$  oraz możliwością obciążania do gęstości  $2,0 \text{ kg/dm}^3$ . Opracowana w INiG – PIB płuczka inwersyjna zastosowana została do rekonstrukcji odwiertów na terenie Ukrainy przez firmę GeoSynthesis Engineering pod nazwą **WITER – II**. Zastosowanie tej płuczki w warunkach otworowych wymagało dostosowania jej właściwości do warunków geologiczno-złożowych występujących w rekonstruowanych odwiertach.

#### **Badania laboratoryjne nad opracowaniem systemów cieczy specjalnych**

Drugi kierunek badań prowadzony w INiG – PIB, dotyczy opracowywania i modyfikacji składów **cieczy tzw. specjalnych**, takich jak: ciecze robocze, nadpakerowe, buforowe, przemysłowe oraz do likwidacji odwiertów, stosowanych do dowiercania, opróbowania,

rekonstrukcji, wypełniania likwidowanych odwiertów oraz w procesach wymiany płuczki na ciecz nadpakerową. Stanowią one odrębną grupę cieczy wiertniczo-eksploatacyjnych, które nie należy utożsamiać z płuczkami wiertniczymi spełniającymi inne zadania w otworze, w czasie wiercenia. Ze względu na skład i zawartość różnych zanieczyszczeń zastosowanie płuczek może spowodować nieodwracalną utratę przepuszczalności skał zbiornikowych strefy przyodwiertowej. Z uwagi na zadania cieczy specjalnych stosowanych do różnych zabiegów technologicznych prowadzonych w odwiercie, ich właściwości dobierane są zarówno ze względu na rodzaj wykonywanego zabiegu jak i występujące warunki geologiczno-złożowe.

Badania laboratoryjne nad opracowaniem cieczy do dowiercania, opróbowania i rekonstrukcji oraz cieczy nadpakerowych o gęstości do  $1,2 \text{ kg/dm}^3$  przeprowadzono z wykorzystaniem soli KCl i NaCl lub ich mieszanin, a o gęstości do  $2,3 \text{ kg/dm}^3$  używano soli organicznych: HCOOK, HCOONa, HCOOCs. Najszerszym zakresem badań laboratoryjnych objęte zostały **ciecze robocze** do rekonstrukcji odwiertów, które sporządzano jako solanki bez fazy stałej i solanki zawierające fazę stałą. Solanki bez fazy stałej stanowiły roztwory w/w soli lub wody złożowe po usunięciu z nich zanieczyszczeń mechanicznych i chemicznych, które poddawano modyfikacji celem podwyższenia pH oraz obróbee inhibitorem korozji i SPCz. Natomiast solanki zawierające fazę stałą stanowiły roztwory w/w soli lub wody złożowe obrabione polimerami odpornymi na zasolenie, regulującymi ich parametry reologiczne i filtrację z dodatkiem blokatora, inhibitora korozji i SPCz. Przeprowadzone zostały także badania nad opracowaniem cieczy o gęstości poniżej  $1,0 \text{ kg/dm}^3$  do sporządzania, których zastosowano estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego oraz izopropanol [4, 11].

Kolejny rodzaj cieczy specjalnych to **ciecze przemysłowe** stosowane w procesach oczyszczania strefy przyodwiertowej z osadów z płuczki wiertniczej, w składzie których wykorzystano środki powodujące rozkład polimerów o działaniu utleniającym [14]. Natomiast ciecze do mycia powierzchni rur usuwające osady z płuczki oraz inne zanieczyszczenia, stosowane w procesie wymiany płuczki na ciecz nadpakerową, w swoim składzie zawierały odpowiednio dobrane SPCz. Do wypierania płuczki z przestrzeni pierścieniowej przed zatłoczeniem cieczy nadpakerowej opracowano wysokolepkie **ciecze buforowe** o

gęstości zależnej od gęstości usuwanej płuczki wiertniczej. Drugim rodzajem opracowanych cieczy buforowych to ciecz zasolona o gęstości cieczy nadpakerowej, oddzielające ciecz przemywającą od cieczy nadpakerowej i pozwalające na zwiększenie jej czystości przez usunięcie z przestrzeni pierścieniowej resztek zatłoczonych cieczy. Do sporządzania cieczy nadpakerowych o określonej gęstości, zależnej od gradientu ciśnienia złożowego, stosowano głównie NaCl i HCOOK oraz w niektórych przypadkach  $K_2CO_3$ .

Do wypełniania likwidowanych odwiertów znajdujących się na szcerpanych złożach gazu ziemnego i ropy naftowej opracowano **ciecze do likwidacji**, do sporządzenia których zastosowano bentonity charakteryzujące się właściwościami pęczniającymi, zawierające 65 ÷ 75% montmorylonitu. Ciecze te, które stanowiły 6 ÷ 8% zawiesiny bentonitu, poddawano obróbce środkami chemicznymi w celu zachowania ich jednorodności i trwałości w określonych warunkach złożowych oraz zdolności uszczelniających poziomy wodonośne, roponośne i gazonośne. Do obróbki cieczy o gęstości 1,03 ÷ 1,3 kg/dm<sup>3</sup> stosowano szkło wodne lub NaOH [10].

Jak wykazały badania, składy cieczy specjalnych i ich właściwości takie jak: gęstość, stopień czystości, kompatybilność z płynami złożowymi, zachowanie w długim okresie czasu stabilnych parametrów oraz zapobieganie uszkodzeniu przepuszczalności to podstawowe kryteria decydujące o efektywności wykonywanych zabiegów w odwiertach.

#### Podsumowanie

Wielokierunkowe prace badawcze w zakresie nowych technologii płuczki przyczyniły się do opracowania nowych rodzajów płuczek wiertniczych i cieczy specjalnych do różnych warunków geologiczno-złożowych i określonych prac w odwiercie. W INiG – PIB prowadzone są również intensywne prace badawcze nad zastosowaniem w składach płuczek nowych rodzajów środków chemicznych i materiałów płuczki do regulowania ich właściwości reologicznych i inhibitoryjnych w podwyższonych temperaturach.

#### Literatura

1. Błaż S. – Nowy rodzaj płuczki zawierającej mikrosfery powietrza do przewiercania warstw o niskim ciśnieniu złożowym. *Nafta-Gaz* nr 1/2012.
2. Błaż S. – Niekonwencjonalny, ultralekki materiał do regulowania gęstości cieczy wiertniczych. *Nafta-Gaz* nr 4/2014.

3. Błaż S. – Badania laboratoryjne nad opracowaniem składu płuczki inwersyjnej. *Nafta-Gaz* nr 3/2015.
4. Herman Z., Uliasz M. – Ciecze robocze w rekonstrukcjach odwiertów. *Nafta-Gaz* nr 11/2006
5. Uliasz M., Chudoba J., Herman Z. – Płuczki wiertnicze z inhibitorami polimerowymi i ich oddziaływanie na przewiercane skały. *Prace INiG* nr 139, Kraków 2006.
6. Uliasz M., Chudoba J. – Beziłowa płuczka wiertnicza z blokatorom rozpuszczalnym w wodzie. *Wiadomości Naftowe i Gazownicze* nr 8/2000.
7. Uliasz M. – Wykorzystanie związków aminowych w technologii płuczek wiertniczych. *Nafta-Gaz* nr 7/2010.
8. Uliasz M. – Wpływ polimerów z I-rzędowymi grupami aminowymi na właściwości inhibitoryjne płuczek wiertniczej. *Nafta-Gaz* nr 1/2011.
9. Uliasz M., Zima G., Błaż S. – Analiza wybranych właściwości płuczek wiertniczych do wierceń kierunkowych i poziomych w oparciu o badania laboratoryjne. *Wiadomości Naftowe i Gazownicze* nr 11/2011.
10. Uliasz M., Rzepka M. – Ciecze i mieszaniny do wypełniania likwidowanych odwiertów. *Wiadomości Naftowe i Gazownicze* nr 2/2013
11. Uliasz M., Błaż S., Jasiński B. – Właściwości technologiczne cieczy roboczych do rekonstrukcji odwiertów o podwyższonym i obniżonym ciśnieniu złożowym. XV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Problematyka Udostępniania, Rekonstrukcji i Serwisowania Złóż Węglowodorów w Karpatach i na Niżu Polskim”, Bóbrka, 2014.
12. Uliasz M., Zima G., Błaż S., Jasiński B., Wiśniowski R., Wysocki S. – An analysis of the possibilities of using new types of polymeric inhibitors in the technology of drilling fluids in shale formations. *Nafta-Gaz* nr 11/2015.
13. Zima G., Błaż S. – Wpływ płuczek wiertniczych zawierających modyfikowaną żywicę guarową na właściwości skał w świetle badań laboratoryjnych. XV Międzynarodowa Konferencja NT, WWNiG AGH, Krynica, 2004.
14. Zima G., Uliasz M., Błaż S. – Metodyka badań laboratoryjnych doboru środków chemicznych do rozkładu polimerów stosowanych w składach płuczek wiertniczych. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna i Wystawa „Nowoczesny sprzęt i technologie stosowane przy poszukiwaniach gazu w Polsce”. 5 – 8 maj 2011, Piła.

**Відомості про авторів:**

Малгожата Уліас, Інститут нафти і газу – Державний дослідницький інститут, вул. Любич 25А, 31-503 Краків, Польща.

E-mail: uliasz@inig.pl.

Славомир Блаж, Інститут нафти і газу – Державний дослідницький інститут, вул. Любич 25А, 31-503 Краків, Польща.

Гжегож Цима, Інститут нафти і газу – Державний дослідницький інститут, вул. Любич 25А, 31-503 Краків, Польща.

Бартомей Ясінскі, Інститут нафти і газу – Державний дослідницький інститут, вул. Любич 25А, 31-503 Краків, Польща.