

Bartłomiej Jasiński

*Institut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

## Ocena wpływu płuczek wiertniczych na parametry fizykomechaniczne skał ilasto-łupkowych w aspekcie doboru parametrów wiercenia

W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych określających wpływ wybranych płuczek wiertniczych na właściwości fizykomechaniczne skał ilasto-łupkowych oraz dobór na ich podstawie optymalnych parametrów wiercenia. Do badań wybrano cztery rodzaje inhibitowanych płuczek wiertniczych, a następnie określono ich wpływ na właściwości fizykomechaniczne próbek skalnych uzyskanych z siedmiu rdzeni pobranych z pięciu otworów wiertniczych. Pomiary parametrów fizykomechanicznych przeprowadzono z użyciem skałomierza, którego zasada działania opiera się na metodzie L. A. Szreiner. Próbki skał badane były w stanie powietrznosuchym, a następnie po 48-godzinnym oddziaływaniu płuczek wiertniczych. Pozwoliło to określić zmianę parametrów wskutek działania poszczególnych płuczek, a następnie – w oparciu o uzyskane wyniki – dobrać odpowiedni rodzaj świdra i optymalne parametry wiercenia.

Słowa kluczowe: parametry fizykomechaniczne skał, parametry wiercenia, płuczka wiertnicza, skały łupkowe.

### Evaluation of the impact of drilling muds on the physicommechanical parameters of shales in terms of drilling parameters selection

This article presents the results of laboratory tests on the effect of selected drilling muds on physical-mechanical properties of shales and selection on their basis of the optimal parameters of drilling. The research used four types of inhibited drilling muds and then determined their effect on the physical and mechanical properties of rock samples obtained from the seven cores taken from five bore holes. Measurements of physical and mechanical parameters were performed using a rock tester, the principle of which is based on the method of L. A. Szreiner. Rock samples were first tested in the air-dry state and then after 48 hours of drilling muds impact. This made it possible to change the parameters set by the action of various fluids and then on the basis of the results obtained to choose the suitable type of drilling bit and optimize drilling parameters.

Key words: physicommechanical parameters of rocks, drilling parameters, drilling mud, shale.

### Wprowadzenie

Poszukiwanie nowych złóż węglowodorów, zarówno konwencjonalnych, jak i niekonwencjonalnych, w coraz trudniejszych warunkach geologiczno-złożowych (duże głębokości, wysokie temperatury i ciśnienia, wiercenie otworów horyzontalnych) stawia nowe wyzwania związane z techniką i technologią realizacji otworów wiertniczych oraz udostępnianiem i eksploatacją złóż.

Bardzo ważnym aspektem w procesie projektowania i wiercenia otworów jest właściwe rozpoznanie systemu naprężeń występujących w formacji złożowej. Znajomość właściwości fizykomechanicznych skał, takich jak: wytrzymałość na ściskanie, moduł sprężystości Younga czy odporność na pękanie, oraz wpływu na te parametry stosowanych podczas wiercenia płuczek wiertniczych umożliwia zaprojektowanie optymalnej

trajektorii otworu, a także wyznaczenie parametrów wiercenia. Optymalne zaprojektowanie i odwiercenie otworu jest niezwykle ważne w kontekście późniejszego prawidłowego przeprowadzenia procesu szczelinowania hydraulicznego. Wynika to z faktu, że zarówno jakość wykonania otworu wiertniczego, jak i jego orientacja przestrzenna ma wpływ na wielkość i kierunek rozchodzenia się szczelin, co w późniejszym okresie stanowi o efektywności wydobycia gazu.

Poznanie właściwości fizykomechanicznych skał w trójosiowym stanie naprężeń jest niezwykle ważne ze względu na możliwość wyjaśnienia zachowania się skał w otworach wiertniczych oraz w celu określenia warunków wytrzymałościowych przy ich zwiercaniu. Prędkość zwiercania skały w bardzo dużym stopniu zależy od oporu, jaki ona stawia świdrowi, co z kolei jest pochodną jej parametrów mechanicznych, a w szczególności twardości. Parametry te mogą podczas procesu wiercenia ulegać pewnym zmianom z uwagi na oddziaływanie obecnej w otworze płuczki wiertniczej, szczególnie w przypadku skał ilasto-lupkowych charakteryzujących się tendencją do pęcznienia. Wyjątkowo nieko-

rzystny wpływ wywiera faza wodna płuczki, która w wyniku procesów takich jak filtracja, osmoza czy kapilarne zasysanie przedostaje się w głąb przewiercanej skały, powodując jej pęcznienie i pogorszenie właściwości fizykomechanicznych, co może doprowadzić do braku stateczności ścian otworu. Taka sytuacja może być powodem wielu trudności w czasie wiercenia, m.in.: przychwycenia przewodu wiertniczego, trudności z oczyszczaniem otworu, zwiększania objętości płuczki, przyczynia się do pogorszenia jakości cementowania oraz stwarza trudności podczas prac geofizycznych. Niekorzystne zjawisko hydratacji skał można ograniczyć poprzez regulowanie właściwości płuczki wiertniczej w kierunku obniżenia filtracji i zastosowania w jej składzie odpowiednich inhibitorów hydratacji skał [3].

W publikacji przedstawiono wyniki badań nad wpływem inhibitowanych płuczek wiertniczych na właściwości fizykomechaniczne różnych skał ilasto-lupkowych. Otrzymane dane będą również podstawą do doboru optymalnych parametrów wiercenia zapewniających najsprawniejszy proces głębinienia otworu.

### Określanie parametrów fizykomechanicznych skał przy użyciu skałomierza

Do określania fizykomechanicznych właściwości skał wykorzystuje się między innymi urządzenie zwane skałomierzami, które działają w oparciu o metodę L. A. Szeinerera.

Pomiar skałomierzem polega na wciskaniu do wcześniej przygotowanej próbki badanej skały (rdzenia) cylindrycznego foremnika o płaskiej podstawie. Przewidywana wartość twardości próbki determinuje wybór foremnika o odpowiedniej powierzchni. Do wyboru pozostają wgłębniki o powierzchni 1, 2 lub 5 mm<sup>2</sup>. Do badań skał ilastych zazwyczaj używa się foremników o polu powierzchni podstawy równym 2 lub 5 mm<sup>2</sup>.

Po zamocowaniu odpowiedniego foremnika siła nacisku stopniowo się zwiększa, aż do momentu zniszczenia struktury skały. Zestaw czujników skałomierza na bieżąco dokonuje pomiaru siły, z jaką foremnik działa na skałę oraz jej odkształcenie, co pozwala określić twardość skały. Z uwagi na niejednorodny charakter skał, które w swojej strukturze posiadają lepiszcze i krystaliczne ziarna minerałów, na kontakcie foremnik-skała otrzymywana jest twardość wypadkowa. Wartości twardości wypadkowej oraz powierzchni i objętości rozkruszonej skały pozwalają określić właściwości wytrzymałościowe na ściskanie i właściwości sprężyste. Oddziaływanie foremnika na badaną próbkę wywołuje w niej trójosiowy (przestrzenny) stan naprężeń pod warunkiem, że końcówka foremnika ma wymiar niepowodujący rozklinowania próbki. Stąd też określone za pomocą skałomierza właściwości wytrzymałościowe, sprężyste i plastyczne odnoszą się do trójosiowego (przestrzennego) stanu naprężeń [2, 4].



Fot. 1. Próbkę skały po przeprowadzeniu badania skałomierzem

Proces badania i rejestracji wyników kontrolowany jest przez komputer. Zarejestrowane dane służą do obliczania parametrów fizykomechanicznych badanych próbek. Są to:

- $p_w$  – twardość wypadkowa [MPa],
- $p_{pl}$  – graniczne odkształcenie plastyczne [MPa],
- $E$  – moduł sprężystości Younga [MPa],
- $A_{spr}$  – energia w zakresie odkształcenia sprężystego [J],
- $A_z$  – energia zniszczenia struktury [J],
- $K$  – współczynnik plastyczności,
- $A_v$  – opór energetyczny [MJ/m<sup>3</sup>],
- $\varepsilon_1$  – odkształcenie sprężyste [ $\mu\text{m}$ ],
- $\varepsilon_2$  – odkształcenie końcowe [ $\mu\text{m}$ ].

Metoda pomiaru parametrów fizyczno-mechanicznych jest techniką szeroko stosowaną w badaniach rdzeni dla wyznaczania kategorii zwiercalności skał, doboru typu świderów i określania parametrów wiercenia (nacisk osiowy na świder, obroty świda).

**Metodyka określania wpływu płuczek wiertniczych na właściwości fizykomechaniczne skał**

Badania oddziaływania inhibitowanych płuczek wiertniczych na skały ilasto-łupkowe przeprowadzone zostały z zastosowaniem aparatu zwanego skałomierzem. Pierwotnie urządzenie to wykorzystywane było do pomiarów fizykomechanicznych właściwości skał w aspekcie doboru narzędzi wiertniczych i optymalnych parametrów technologii wiercenia. Z czasem dla metody tej znaleziono nowe zastosowanie, czyli ocenę przydatności określonych rodzajów płuczek wiertniczych do przewiercania skał charakteryzujących się skłonnością do pęcznienia pod wpływem fazy wodnej.

W celu oszacowania wpływu płuczek na parametry fizykomechaniczne skał konieczne jest posiadanie wyników pomiarów wykonywanych w dwóch etapach:

- 1) pomiar parametrów próbki skały w stanie powietrznosuchym,
- 2) pomiar parametrów skały po 48-godzinnym oddziaływaniu na nią badanej płuczki wiertniczej.

W obydwu przypadkach wyznacza się sześć właściwości fizykomechanicznych badanych próbek, których późniejsze porównanie daje podstawę do oszacowania wpływu danej płuczki na parametry skał. W celu ułatwienia interpretacji uzyskanych rezultatów stosuje się tzw. wskaźniki zmian parametrów fizykomechanicznych skał. Są to bezwymiarowe wielkości otrzymywane wskutek podzielenia wartości poszczególnych parametrów zmierzonych po oddziaływaniu płuczki przez wartości tych parametrów w stanie powietrznosuchym. Wyróżniamy następujące współczynniki:

$$W_{pw} = \frac{P_{w2}}{P_{w1}} \quad \text{– wskaźnik zmiany twardości wypadkowej,}$$

$$W_{ppl} = \frac{P_{pl2}}{P_{pl1}} \quad \text{– wskaźnik zmiany granicznego odkształcenia plastycznego,}$$

$$W_K = \frac{K_2}{K_1} \quad \text{– wskaźnik zmiany współczynnika plastyczności,}$$

$$W_E = \frac{E_2}{E_1} \quad \text{– wskaźnik zmiany modułu sprężystości Younga,}$$

$$W_{Aspr} = \frac{A_{spr2}}{A_{spr1}} \quad \text{– wskaźnik zmiany energii odkształceń sprężystych,}$$

$$W_{Az} = \frac{A_{z2}}{A_{z1}} \quad \text{– wskaźnik zmiany energii zniszczenia struktury.}$$

Do oceny wpływu płuczek wiertniczych na zmianę parametrów fizykomechanicznych skał wykorzystuje się najczęściej wskaźniki zmian energii odkształceń sprężystych, energii zniszczenia struktury oraz wskaźnika zmiany współczynnika plastyczności [7].

Ponadto na podstawie uzyskanych wartości współczynnika plastyczności  $K$  można dokonać następującej klasyfikacji badanych skał:

- $K > 6,00$  – skała plastyczna,
- $K$  od 3,00 do 6,00 – skała plastyczno-sprężysta,
- $K$  od 1,50 do 2,9999 – skała sprężysto-plastyczna,
- $K$  od 1,25 do 1,4999 – skała sprężysto-krucha,
- $K < 1,25$  – skała krucha [3].

**Metodyka doboru świdra i parametrów wiercenia**

Tablica 1. Zależność optymalnych obrotów od kategorii zwiercalności skały

Kategoria zwiercalności skał według INiG	Optymalne obroty stołu $n$	Współczynnik dynamicznego oddziaływania zęba ze skałą $\xi$
01	160÷140	1,00
02	140÷120	1,00
03	120÷110	1,00
04	110÷90	1,00÷1,25
05	90÷80	1,25÷1,50
06	90÷70	1,25÷1,75
07	80÷70	1,75÷2,25
08	70÷60	2,00÷2,75
09	60÷50	2,50÷3,00
10	50÷40	3,00

Wybranie odpowiedniego świdra oraz dobór mechanicznych parametrów wiercenia (obrotów i nacisku) przesądza o powodzeniu procesu wiercenia oraz zapewnia uzyskanie maksymalnych prędkości głębinienia otworu. Aby osiągnąć optymalny efekt urabiania skały, należy powiązać cechy konstrukcyjne świdra z fizykomechanicznymi właściwościami przewiercanych skał. Głównymi parametrami skały, które należy wziąć pod uwagę, wybierając świder są:

- twardość wypadkowa  $p_w$ ,
- współczynnik plastyczności  $K$ ,
- opór energetyczny  $A_v$ .

Znając parametry mechaniczne skał, dobiera się typ świdra według kodu IADC. Nacisk na świder oblicza się z równania:

$$P = \frac{0,1 \cdot p_w \cdot F}{\xi} \quad [\text{N}] \quad (1)$$

gdzie:

$p_w$  – twardość wypadkowa [MPa],

$F$  – powierzchnia oporowa świdra [ $\text{cm}^2$ ],  
 $\zeta$  – współczynnik dynamicznego oddziaływania zęba ze skałą [6].

Optymalne obroty świdrów gryzowych w zależności od kategorii zwiercalności skał dla wiercenia obrotowego metodą stołową zestawiono w tablicy 1.

### Charakterystyka płuczek wiertniczych wybranych do badań laboratoryjnych

Aby ściana otworu mogła pozostać stabilna, maksymalne naprężenie normalne na ścianie otworu nie powinno być wyższe od ciśnienia hydrostatycznego wywieranego przez płuczkę. Ponadto w skałach charakteryzujących się tendencją do pęcznienia może dojść do zjawiska znanego

jako erozja hydrauliczna. Stąd też bardzo ważne jest, aby płuczka wiertnicza nie tylko posiadała właściwą gęstość zapewniającą wywarcie odpowiedniego przeciwcisnienia na ścianę otworu, lecz również umożliwiała zminimalizowanie zjawisk fizykochemicznych zachodzących podczas wnikania

Tablica 2. Skład i parametry płuczek wiertniczych zastosowanych w badaniach

Nr płuczki	Skład płuczki [%], [g], [ $\text{cm}^3$ ]		Gęstość [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	Lepkość [ $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ]		Granica płynięcia [ $\text{lb}/100\text{ft}^2$ ]/[Pa]	Wytrzymał. strukturalna [Pa]	pH	Filtracja [ $\text{cm}^3/30\text{ min}$ ]
			$\rho$	$\eta_{pl}$	$\eta_s$	$\tau_y$	I/II		
1	Woda Biostat Polofix LV XCD PAC R Rotomag KCl Rokopol 30P5 Rokacet R26 Baryt	1500 $\text{cm}^3$ 0,1% 1,5% 0,15% 0,15% 0,5% 5,0% 3,75% 1,25% 430 g	1250	35	56	26/12,4	9/4,3	9,2	4,0
2	Woda Biostat Polofix LV XCD PAC R Rotomag KCl Szkło wodne R40 Baryt	1500 $\text{cm}^3$ 0,1% 1,0% 0,15% 0,15% 1,5% 5,0% 5,0% 430 g	1250	21	32,5	23/11	5/2,4	11,2	6,3
3	Woda Biostat Polofix LV XCD PAC R Rotomag KCl XC-142 Rokopol 30P5 Baryt NaOH	1500 $\text{cm}^3$ 0,1% 1,5% 0,15% 0,15% 0,5% 5,0% 3,0% 2,0% 430 g 0,01%	1250	30	48	36/17,2	7/3,3	8,4	4,2
4	Woda Biostat Polofix LV XCD PAC R Rotomag KCl Stabpol S Baryt	1500 $\text{cm}^3$ 0,1% 1,5% 0,15% 0,15% 0,5% 5,0% 0,3% 430 g	1250	33	54	42/20,1	8/3,8	9,6	7,0

fazy wodnej płuczki w skałę. Procesy te powodują rozpadanie się skały, co może skutkować przyspieszeniem erozji ściany otworu i utworzeniem kawern [1].

Do badań laboratoryjnych wybrano następujące rodzaje inhibitowanych płuczek wiertniczych:

- glikolowo-potasową,
- krzemianowo-potasową,
- potrójnie inhibitowaną,
- polimerowo-potasową.

Wszystkie płuczki zastosowane w badaniach laboratoryjnych opierały się na podobnym zestawie polimerów strukturotwórczych. Były to: Polofix LV, XCD, PAC R oraz Rotomag. Porównywalnie we wszystkich płuczkach jednym z zastosowanych inhibitorów hydratacji łupków był chlorek potasu w ilości 5%. Płuczki te charakteryzowały się jednakową gęstością, równą  $1,25 \text{ g/cm}^3$ , uzyskaną dzięki zastosowaniu barytu. Dokładne składy i parametry płuczek można odczytać z tablicy 2.

### Dobór skał ilasto-łupkowych do badań laboratoryjnych

Określenie wpływu inhibitowanych płuczek wiertniczych na parametry fizykomechaniczne skał wymagało dobrania odpowiednich próbek skalnych. Wytypowane próbki pochodziły

z rdzeni pobranych z pięciu otworów wiertniczych położonych w granicach trzech regionów geologicznych Polski: Wyniesienia Łeby, Obniżenia Kaszubsko-Warmińskiego oraz Karpat [5].

Tablica 3. Próbki skał wybrane do badań

Nr próbki	Rodzaj skały		Otwór wiertniczy	Głębokość pobrania [m]	Region geologiczny
	Stratygrafia	Litologia			
1	ordowik	ilołupek	Żarnowiec-6K	2769÷2775	Wyniesienie Łeby
2	sylur	ilołupek	Żarnowiec-6K	2699÷2775	Wyniesienie Łeby
3	ordowik	ilołupek	Łeba-8	2707÷2712	Wyniesienie Łeby
4	kambr górny	ilołupek	Łeba-8	2763÷2764	Wyniesienie Łeby
5	kreda górna	łupek	Równe-2	2488÷2492	Karpaty
6	kreda górna	łupek	Lachowice-2	1783÷1786	Karpaty
7	sylur	łupek	Dębowiec Warmiński-1	1960÷1962	Obniżenie Kaszubsko-Warmińskie

### Wyniki

Na rysunkach 1–4 zestawiono podstawowe parametry fizykomechaniczne badanych skał w stanie powietrznosuchym oraz po oddziaływaniu płuczek wiertniczych.

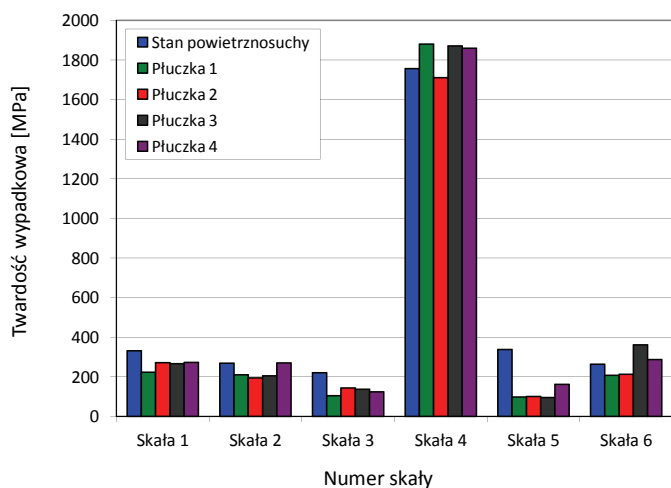
Wybrane do badań próbki skalne charakteryzują się bardzo zróżnicowanymi właściwościami fizykomechanicznymi. W przypadku trzech z nich współczynnik plastyczności w stanie powietrznosuchym ma wartość mniejszą niż 1,25 – co pozwala sklasyfikować je jako skały kruche. Są to skały o numerach 1, 2 i 3. W przypadku pozostałych czterech próbek (4, 5, 6 oraz 7) wartość współczynnika plastyczności znajduje się w przedziale  $1,25 \div 1,6$  – czyli są to skały sprężysto-kruche.

Ze względu na twardość wypadkową dwie próbki skalne szczególnie wyróżniają się na tle innych. Jest to próbka 4 – której twardość wypadkowa jest o wiele wyższa niż w przypadku pozostałych przebadanych skał i wynosi 1756 MPa, oraz próbka 7 – w przypadku której twardość wypadkowa jest znacząco niższa niż w pozostałych skałach i ma wartość

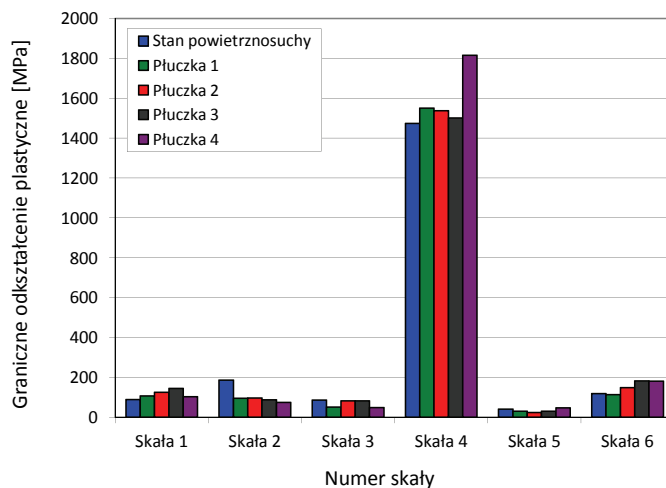
146 MPa. Twardość wypadkowa pozostałych skał w stanie powietrznosuchym ma wartość nieznacznie przekraczającą 200 MPa.

W przypadku wszystkich badanych skał 48-godzinne oddziaływanie sporządzonych płuczek wiertniczych spowodowało zmianę parametrów fizykomechanicznych. Szczególnie widoczne było to w skale 7, która po kontakcie z każdym rodzajem płuczki stawała się bardzo miękka i niemożliwe było wyznaczenie jej parametrów za pomocą skałomierza, gdyż przebieg siły w funkcji czasu był praktycznie poziomy. W pozostałych przypadkach najczęściej powtarzającą się prawidłowością było obniżenie twardości wypadkowej oraz podwyższenie współczynnika plastyczności pod wpływem oddziaływania płuczek. W przypadku kilku próbek wzrost współczynnika plastyczności  $K$  był na tyle istotny, że zmieniła się klasyfikacja skały z kruchej na sprężysto-kruchą.

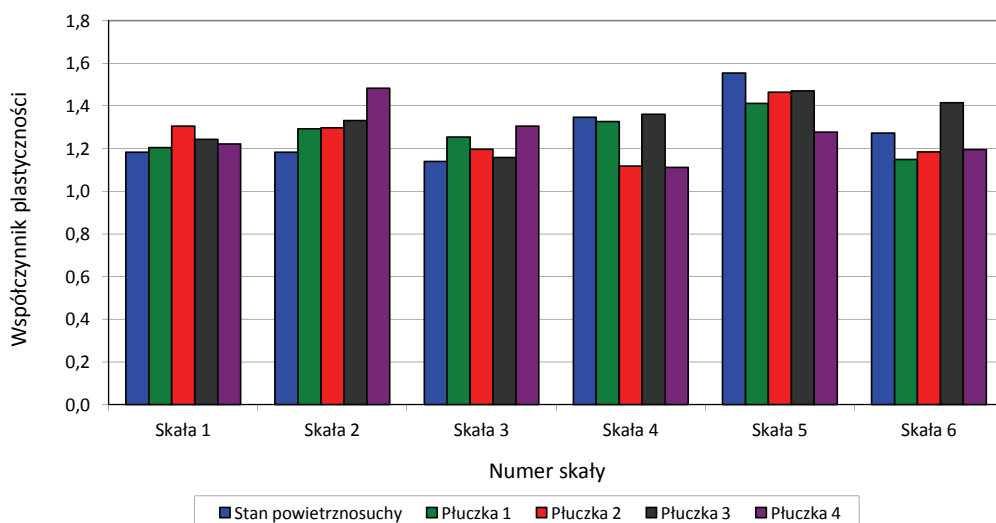
Niepewność uzyskanych wyników oszacowano na podstawie odchylenia standardowego średniej.



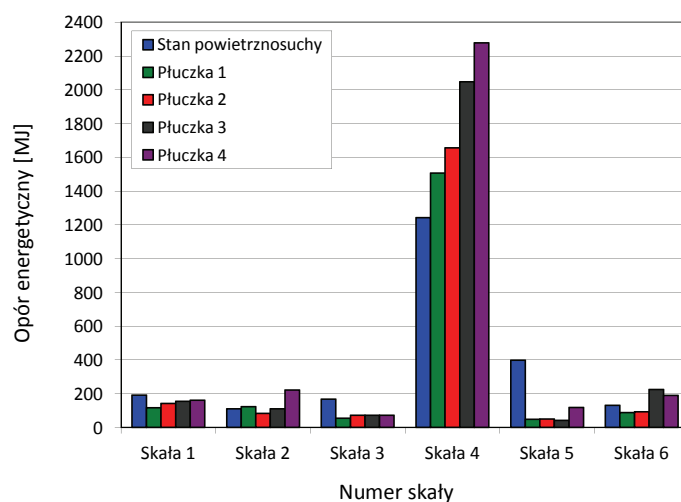
Rys. 1. Twardość wypadkowa skał w stanie powietrznosuchym i po oddziaływaniu łłuczek wiertniczych



Rys. 2. Graniczne odkształcenie plastyczne skał w stanie powietrznosuchym i po oddziaływaniu łłuczek wiertniczych



Rys. 3. Współczynnik plastyczności skał w stanie powietrznosuchym i po oddziaływaniu łłuczek wiertniczych



Rys. 4. Opór energetyczny skał w stanie powietrznosuchym i po oddziaływaniu łłuczek wiertniczych

Tablica 4. Dobór optymalnych świrdrów i obrotów wiercenia

Nr skały	Nr płuczki	Parametry fizykomechaniczne			Kategoria zwiercalności	Rodzaj świrdra	Zalecane obroty [obr./min]
		twardość wypadkowa [MPa]	współczynnik plastyczności	opór energetyczny [MJ/m <sup>3</sup> ]			
1	Stan powietrznosuchy	330,92	1,182	191,62	03	1.3 4.2	110÷120
	1	223,09	1,205	116,97	02	1.2 4.1	120÷140
	2	271,99	1,305	141,72	03	1.3 4.2	110÷120
	3	266,29	1,243	154,94	03	1.3 4.2	110÷120
	4	273,39	1,221	162,02	03	1.3 4.2	110÷120
2	Stan powietrznosuchy	268,39	1,183	111,09	03	1.3 4.2	110÷120
	1	210,60	1,292	122,44	02	1.2 4.1	120÷140
	2	194,91	1,197	82,78	02	1.2 4.1	120÷140
	3	205,28	1,331	110,92	02	1.2 4.1	120÷140
	4	269,73	1,482	221,21	03	1.3 4.2	110÷120
3	Stan powietrznosuchy	221,05	1,138	167,25	02	1.2 4.1	
	1	104,51	1,254	54,35	02	1.2 4.1	120÷140
	2	144,02	1,164	72,96	02	1.2 4.1	120÷140
	3	136,71	1,158	71,57	02	1.2 4.1	120÷140
	4	124,72	1,305	71,72	02	1.2 4.1	120÷140
4	Stan powietrznosuchy	1756,10	1,346	1243,42	07	2.4 6.2	70÷80
	1	1880,28	1,327	1506,79	07	2.4 6.2	70÷80
	2	1709,88	1,118	1656,66	06	2.3 6.1	70÷90
	3	1870,39	1,136	2047,66	07	2.4 6.2	70÷80
	4	1859,74	1,112	2277,82	07	2.4 6.2	70÷80
5	Stan powietrznosuchy	337,88	1,554	398,57	03	1.3 4.2	110÷120
	1	98,30	1,411	47,83	01	1.1	140÷160
	2	100,30	1,464	50,56	02	1.2 4.1	120÷140
	3	95,48	1,470	41,51	01	1.1	140÷160
	4	162,21	1,277	117,70	02	1.2 4.1	120÷140
6	Stan powietrznosuchy	263,65	1,272	131,58	03	1.3 4.2	110÷120
	1	208,07	1,148	88,51	02	1.2 4.1	120÷140
	2	213,23	1,184	93,13	02	1.2 4.1	120÷140
	3	361,04	1,414	225,08	03	1.3 4.2	110÷120
	4	287,28	1,195	189,74	03	1.3 4.2	110÷120

■ Parametry odniesienia (w stanie powietrznosuchym).

■ Po oddziaływaniu tych płuczek nastąpiła zmiana parametrów wiercenia.

## Podsumowanie i wnioski końcowe

Prawidłowe rozpoznanie parametrów fizykomechanicznych skał jest kluczowe w kontekście optymalnego zaprojektowania procesu wiercenia otworu. Prędkość głębinienia otworu w dużym stopniu wynika z oporu, jaki przewiercane skały stawiają świdrowi, co z kolei jest pochodną ich właściwości mechanicznych, a w szczególności twardości. Parametry te mogą podczas procesu wiercenia ulegać pewnym zmianom z uwagi na oddziaływanie obecnej w otworze płuczki wiertniczej, szczególnie w przypadku skał ilasto-lupkowych charakteryzujących się tendencją do pęcznienia.

Przebadano wpływ czterech inhibitowanych płuczek wiertniczych na właściwości fizykomechaniczne siedmiu rodzajów skał. Wyniki otrzymane w toku prowadzonych badań pozwoliły sformułować następujące wnioski:

1. Skały wytypowane do badań charakteryzowały się zróżnicowanymi parametrami fizykomechanicznymi. Szczególnie skała o numerze 4 wyróżniała się na tle innych próbek z powodu wielokrotnie wyższych wartości właściwości mechanicznych (około pięciokrotnie wyższa twardość

wypadkowa). Drugą wyróżniającą się była skała oznaczona numerem 7. Okazała się ona całkowicie nieodporna na działanie płuczek wiertniczych, co skutkowało pełnym jej rozmięknieniem pod wpływem 48-godzinnego oddziaływania płuczek.

2. Sporządzone do badań płuczki wiertnicze pomimo zaawansowanych mechanizmów inhibitacyjnych (w jednym przypadku był to potrójny system inhibicji) nie są w stanie całkowicie zapobiec zmianie parametrów mechanicznych skał poddanych ich działaniu. Najczęściej zmiany te objawiają się spadkiem twardości skał oraz wzrostem współczynnika plastyczności, co automatycznie pociąga za sobą zmianę kategorii zwiercalności skały w porównaniu ze stanem powietrznosuchym.
3. Zmienność parametrów fizykomechanicznych skał lupkowych wynikająca z działania płuczek wiertniczych może być na tyle istotna, że te często kwalifikują się do zmiany kategorii zwiercalności. W takiej sytuacji, aby utrzymać wydajność wiercenia, należy dostosować jego parametry do nowych warunków.

Prosimy cytować jako: *Nafta-Gaz* 2014, nr 3, s. 162–169

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.: *Badania laboratoryjne nad właściwościami fizykomechanicznymi lupków w aspekcie doboru parametrów wiercenia* – praca INiG na zlecenie MNiSW; nr archiwalny: DK-4100-67/13, nr zlecenia: 67/KW/13.

## Literatura

- [1] Bielewicz D.: *Płyny wiertnicze*. Wydawnictwa AGH. Kraków 2009, 461 s.
- [2] Błaz S.: *Badania laboratoryjne wpływu nowych rodzajów płuczek wiertniczych inhibitowanych na zmiany właściwości fizyczno-mechanicznych skał ilasto-lupkowych*. Dokumentacja INiG. Kraków 2007.
- [3] Błaz S.: *Wpływ nowych rodzajów inhibitowanych płuczek wiertniczych na zmiany właściwości fizyczno-mechanicznych skał ilasto-lupkowych*. *Nafta-Gaz* 2008, nr 10, s. 701–709.
- [4] Ciechanowska M., Wierdak Z.: *Zastosowanie otworowych profilowań geofizycznych do optymalnego doboru typów swi-drow wiertniczych*. *Nafta-Gaz* 1996, nr 2, s. 48–55.
- [5] Jasinski B.: *Badania laboratoryjne nad właściwościami fizykomechanicznymi lupków w aspekcie doboru parametrów wiercenia*. Dokumentacja INiG. Kraków 2013.
- [6] Wierdak Z., Raczkowski J., Polchlopek T.: *Wykorzystanie wyników badań własności fizyczno-mechanicznych skał w aspekcie doskonalenia technologii wiercenia otworów naftowych*. Dokumentacja INiG. Kraków 1994.
- [7] Wierdak Z.: *Badania właściwości fizyczno-mechanicznych skał oraz prezentacja banku danych*. Materiały sympozjum „Badanie fizykomechaniczne skał w aspekcie wykorzystania ich wyników w różnych kierunkach działalności górnictwa naftowego”. Krosno 1993.



Mgr inż. Bartłomiej JASIŃSKI  
Asystent w Zakładzie Technologii Wiercenia.  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków  
E-mail: bartlomiej.jasinski@inig.pl