

PRZYCZYNEK DO METODYKI WYZNACZANIA POROWATOŚCI SKAŁ DLA CELÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

W ZWIĄZKU z prowadzonymi przez Katedrę Geologii Kopalnianej AGH studiami nad wodonośnością karbonu produktywnego wykonywano od szeregu lat liczne oznaczenia porowatości piaskowców. Tę bardzo istotną własność, określającą ośrodek skalny pod względem hydrogeologicznym, ustalano metodami przyjętymi w gruntoznawstwie, opisanymi w polskich normach PN-55/B-4488 i PN-55/B-4486. W wyniku uzyskiwano porowatość całkowitą (absolutną), wynikającą z różnicy ciężaru właściwego i objętościowego. Ze względu na cel badań oraz w świetle doświadczeń laboratoryjnych stosowana metoda wykazuje jednak szereg niedogodności.

1. Oznacza się porowatość całkowitą (absolutną, fizyczną) — n , a więc cechę mającą dla hydrogeologii mniejsze znaczenie niż porowatość efektywna, czyli dynamiczna — n_{ef} . Pod tą ostatnią nazwą rozumiemy objętość por komunikujących się ze sobą, a więc tych, przez które może się odbywać ruch cieczy.

2. W celu oznaczenia ciężaru właściwego próbek piaskowców należy rozdrabniać. Tej czynności nie da się przeprowadzić ściśle według zaleceń wspomnianej normy, przewidującej tok postępowania ze skałami spoiistymi, a nie ze zwięzłymi. Ponadto rozdrabnianie niektórych zwięzłych odmian piaskowców karbońskich sprawia trudności techniczne.

3. Dotychczas stosowana metodyka oznaczania jest czasochłonna, a przy oznaczaniu ciężaru objętościowego w rtęci nakazana jest duża ostrożność ze względu na szkodliwość dla zdrowia. Wady wymienione w tym punkcie uwydatniają się szczególnie przy wykonywaniu oznaczeń. Ze względu na dużą zmienność hydrogeologicznych cech piaskowców karbońskich ustalenie reprezentatywnych wskaźników jest możliwe tylko na podstawie przebadania dużej ilości próbek.

ZASTOSOWANA METODA OZNACZENIA POROWATOŚCI

Wymienione powody skłoniły autorów do podjęcia próby zastosowania innych metod. W praktyce geologii naftowej znany jest od dawna sposób nasycania próbek piaskowca naftą pod próżnią. W osnowie ono użyć prostej, a jednocześnie wygodnej aparatury. Ostatnio zasady metodyki w tym zakresie opisał N. P. Strielianow (2), który ulepszył sposób I. A. Prieobrażenskigo (1931), stosowany przez laboratoria przemysłu naftowego w ZSRR od blisko trzydziestu lat („Sprawocznik gidrogeologa” 1952).

Na podstawie notatki N. P. Strielnikowa S. Mularz zmontował i wypróbował przyrząd przedstawiony na ryc. 1, wprowadzając do opublikowanej konstrukcji niektóre zmiany, a mianowicie:

1. W eksykatorze próżniowym (E) wykonano pomost siatkowy (S) co umożliwiło zastosowanie zamkniętego obiegu nafty. Wyeliminowano w ten sposób bardzo uciążliwą czynność dopełniania zbiornika (Z) naftą.

2. Wykorzystano boczne wyjście z eksykatora zamiast przez pokrywę, co daje łatwiejszy dostęp do próbek w czasie ładowania i zapewnia większą szczelność urządzenia.

3. Użyto manometru rtęciowego (V) zamiast membranowego.

4. Ograniczono ilość kraników z siedmiu do pięciu (1—5).

Porowatość efektywną w procentach wyznacza się według wzoru:

$$n_{ef} = \frac{G_p - G}{G_p - G_n} \cdot 100$$

n_{ef} — porowatość efektywna,
 G_p — ciężar próbki nasyconej w powietrzu,
 G_n — ciężar próbki nasyconej w nafcie,
 G — ciężar próbki suchej.

Tok prowadzenia badań na przedstawionym aparacie jest prosty:

1. Próbki piaskowców w ilości 20—25 o wadze ok. 25—30 g każda przygotowuje się przez wyrównanie ostrych naroży, usunięcie zanieczyszczeń powierzchni i wysuszenie w temp. 105—110°C do ustalonego ciężaru.

2. Próbki umieszcza się na pomoście siatkowym (S) w eksykatorze (E). Zbiornik (Z) jest napełniony oczyszczoną naftą, kranik 2 zamknięty.

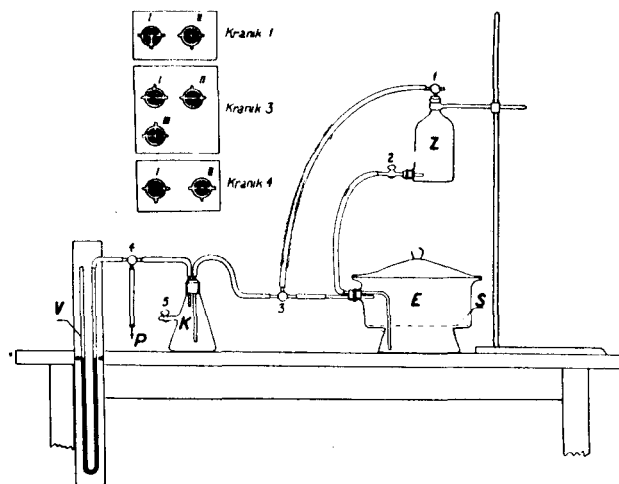
3. Szczelnie zamykamy eksykator pokrywą. Kranik 1 ustawiamy w położeniu II, kraniki 3 i 4 w położeniu I, kranik 5 pozostawiamy otwarty.

4. Włączamy pompę próżniową i powoli zamykamy kranik 5, obserwując jednocześnie wskazania manometru. Po osiągnięciu maksymalnego podciśnienia i odpowietrzeniu nafty w zbiorniku (Z), kranik 3 ustawiamy w położeniu II. Następuje odpowietrzanie próbek.

5. Wyłączamy pompę; kranik 4 — w położeniu II. Pozostawiamy próbki pod próżnią na okres 4—5 godzin.

6. Kranik 3 ustawiamy w położeniu I. Otwieramy kranik 2 na tyle, aby nafta ze zbiornika (Z) mogła spływać powoli do eksykatora (E). Z chwilą gdy wszystkie próbki zostaną zanurzone w nafcie zamykamy kranik 2, kranik 3 ponownie ustawiamy w położeniu II.

7. Ustanie wydzielania się pęcherzyków powietrza oznacza pełne nasycenie próbek. Następuje to zazwyczaj po upływie ok. 2—3 godzin. Otwieramy kra-



Przyrząd do oznaczania porowatości efektywnej.

E — eksykator, S — pomost siatkowy, Z — zbiornik nafty, K — kolba grubościenna, V — manometr rtęciowy, P — pompa próżniowa, 1 — 5 kraniki (2, 5 — zwykłe, 1, 3, 4 — trójdrożne).

niki 1 i 5. Zdejmujemy pokrywę eksykatora i ostrożnie przekładamy próbki do naczynia z naftą.

8. Wazymy próbki najpierw w nafcie (G_n), później w powietrzu (G_p) na wadze technicznej z dokładnością do 0,01 g.

Powtórne napełnienie zbiornika (Z) sprowadza się do wykonania następujących operacji. Zamykamy eksykator pokrywą. Kranik 1 — w położeniu II, kranik 3 — w położeniu III, kranik 4 — w położeniu I, kraniki 2 i 5 — zamknięte. Włączamy pompę wytwarzającą podciśnienie w zbiorniku (Z). Wyłączamy pompę. Kranik 4 — w położeniu II. Otwieramy kranik 2 napełniając całkowicie zbiornik. Zamykamy kranik 3, otwieramy kranik 5; krany 3 i 4 ustawiamy w położeniu I. Zdejmujemy pokrywę eksykatora (E). Aparatura przygotowana jest do nowej serii oznaczeń.

W budowie i obsłudze przyrządu należy zwrócić uwagę na następujące momenty:

1. Wąż łączący zbiornik (Z) z eksykatorem (E) musi być wykonany z materiału nierozpuszczalnego w nafcie (plastik).

2. Wszystkie połączenia, kraniki, pokrywy eksykatora powinny być dokładnie uszczelnione, gdyż od tego zależy sprawne działanie przyrządu.

3. Poszczególne położenia kraników trójdrożnych (1, 3, 4) powinny być starannie oznakowane na aparacie. W ten sposób zapobiega się omyłkowym połączeniom, powodującym np. zassanie nafty ze zbiornika (Z) do kolby (K).

4. Zaleca się używanie, jako medium wypełniającego pory, nafty oczyszczonej zwanej również naftą kosmetyczną. Stosowanie nafty, a nie wody wyklucza możliwość zaistnienia takich zjawisk, jak: destruktywne działanie wody na spoiwo w sensie reakcji chemicznych (np. wytrącanie się związków żelaza i wskutek tego częściowe kolmatowanie się próbki), ługowanie chemiczne i mechaniczne, wymywanie drobnych części, pęcznienie substancji ilastej, lasowanie się próbki itp.

5. Czynnikiem, który decyduje o szybkości wykonywania oznaczeń jest dobre zorganizowanie pracy. Chodzi przede wszystkim o wykorzystanie dwóch okresów czasu „martwego”, tj. czasu potrzebnego na całkowite odpowietrzenie oraz na nasycenie próbek. Na podstawie własnych doświadczeń można podać, iż odpowietrzanie najlepiej jest przeprowadzać przez nastawienie przyrządu na noc lub we wczesnych godzinach rannych. Drugi „martwy” okres można wykorzystywać na ważenie próbek już nasycionych, przygotowywaniu nowej partii próbek do oznaczeń lub też na obliczanie wyników.

PRZYKŁADY WYKONANYCH OZNACZEŃ

W celu wypróbowania metody wykonano dwie serie oznaczeń, których wyniki ujęto w tabele (tab. I, II). W tab. I przedstawiono przykład wyznaczenia n_{ef} dolnośląskich piaskowców kredowych z okolic Bolesławca. Dla pięciu próbek sprawdzono wyniki przez wykonanie drugiego niezależnego oznaczenia oraz uzyskano daleko idącą zgodność.

Badane piaskowce karbońskie, których próbki pochodziły z rdzeni dwu wierceń w obrębie piaskowców libiąskich i łaziskich (tab. II), wykazują duże zróżnicowanie porowatości całkowitej, od 4,76% do 23,49% (tab. II). Jest to bardzo szeroki zakres jeżeli się weźmie pod uwagę, iż „Sprawocznik hydrogeologia” z 1962 r. podaje skrajne wartości dla piaskowców 3,5—23,5%, „Sprawocznik” z 1952 r. 4,8—23,3%, zaś A. M. Owczinnikow* dla piaskowców paleozoicznych 1,09—26,5%, średnio 10,0—12,0%. Wyniki uporządkowano według zmniejszającej się porowatości efektywnej, której wielkość waha się między 20,13 a 3,12%.

* Obszczaja gidrogeologija. Moskwa 1955.

Tabela I
SCHEMAT OKREŚLENIA POROWATOŚCI EFEKTYWNEJ
NA PRZYKŁADZIE PRÓBEK DOLNOŚLĄSKICH PIASKOW-
CÓW KREDOWYCH Z OKOLIC BOLESŁAWCA

Nr próbki	Ciężar próbki suchej G	Ciężar próbki nasyczonej w nafcie G_n	Ciężar próbki nasyczonej w powietrzu G_p	$G_p - G$	$G_p - G_n$	Porowatość n_{ef} %
1	32,590	22,340	37,280	4,69	14,94	31,39
1a	21,610	14,820	24,710	3,10	9,89	31,34
2	14,960	10,270	16,960	2,0	6,69	29,86
3	7,400	5,060	7,080	0,68	3,02	22,52
4	47,610	32,660	52,910	5,30	20,25	26,17
4a	24,360	16,710	27,210	2,85	10,50	27,14
5	48,920	33,540	55,080	6,16	21,54	28,60
5a	36,420	23,980	41,230	4,81	17,25	28,60
6	53,840	36,910	59,000	5,16	22,09	23,36
7	27,930	19,140	31,560	3,63	12,42	29,23
8	33,240	22,780	35,590	2,35	12,81	18,36
8a	33,800	23,190	36,380	2,58	13,19	19,56
10	32,050	22,010	36,320	4,27	14,31	29,84
10a	26,300	18,010	29,830	3,53	11,82	29,86
11	21,850	14,990	24,670	2,82	9,68	29,13

Tabela II
POROWATOŚĆ CAŁKOWITA I EFEKTYWNA
NA PRZYKŁADZIE PRÓBEK PIASKOWCÓW KARBONSKICH
(WARSTWY LIBIĄSKIE I ŁAZISKIE) ZE WSCHODNIEJ
CZĘŚCI GÓRNEGO ŚLĄSKA

Porowatość całkowita n	Porowatość efektywna n_{ef}	Porowatość „nieefektywna” $n - n_{ef}$	$\frac{n - n_{ef}}{n} \cdot 100$
22,22	20,13	2,09	9,5
23,59	19,93	3,66	15,5
23,49	19,92	3,57	15,2
22,66	19,95	3,71	16,4
21,97	18,82	3,15	14,3
22,82	18,41	4,41	19,3
22,57	18,12	4,45	19,7
21,69	17,91	3,78	17,4
19,12	16,48	2,63	13,8
16,25	16,10	0,15	0,9
20,66	15,63	5,03	24,3
16,52	15,62	0,90	5,4
17,12	15,41	1,71	10,0
18,00	15,31	2,69	14,9
19,94	14,82	5,12	25,6
18,24	14,30	3,94	21,6
18,27	14,21	4,06	22,2
16,69	12,49	4,20	25,2
17,67	12,45	5,19	29,4
15,35	12,13	3,22	21,0
16,44	11,85	4,59	28,0
7,53	5,41	2,12	28,1
6,15	4,15	2,00	32,5
4,76	4,05	0,71	14,9
5,28	3,12	2,16	41,0

W tabeli wskazano na duże różnice między porowatością całkowitą a efektywną ($n - n_{ef}$); procentowo ilość por nieefektywnych sięga nawet do 40%, rzadko wynosi ok. 10%, a tylko wyjątkowo jest zu-

pełnie mała. Największy udział por nieefektywnych wykazują próbki o małej porowatości (dół tabeli), najmniejszy w obrębie piaskowców o dużej porowatości. Ze względu na niewielki materiał dalej idące wnioski, co do charakteru piaskowców byłyby ryzykowne.

WNIOSKI

Zastosowana metoda oznaczania porowatości efektywnej wykazała duże zalety:

1. Porowatość efektywną (n_{ef}) a nie całkowitą (n) oznacza się wprost. Wyniki badań ujęte w tab. II uwidaczniają, iż te dwie wielkości różnią się od siebie niekiedy dość znacznie.

2. Użyty do badań przyrząd (ryc. 1) jest prosty i może być łatwo zmontowany z części posiadanych w każdym laboratorium chemicznym.

3. Metoda nadaje się przede wszystkim do masowego oznaczania porowatości, gdyż można nią wykonywać jednocześnie dużą ilość oznaczeń (ok. 20—25 próbek piaskowca). W porównaniu z metodą do-

tychczas stosowaną uzyskuje się znaczną oszczędność czasu. Np. w celu oznaczenia 20 próbek metodą normową potrzeba ok. 50 godz., a metodą próżniową 8—9 godz., nie wliczając okresów martwych zużywanych na odpowietrzanie i nasycanie próbek.

4. Uzyskuje się dużą dokładność wyników (patrz tab. I).

5. Metoda opisana zasługuje, zdaniem autorów, na szerokie zastosowanie w badaniach hydrogeologicznych, mających na celu ustalenie własności wodnych skał związanych.

LITERATURA

1. Sprawocznik gidrogeologa po prirodnomu gazu. T. II. Laboratornyje issledowanija. Moskwa—Leningrad. 1962.
2. Strielianow N. P. — K metodike opriedienienija poristosti i struktury porowego prostronstwa niesypucznych gornych porod. Geologija Rudnych Miestorożdienij, nr 5, 1962.