

Andrzej MIESZTAŁSKI

## Niektóre parametry fizyczne osadów czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej

### WSTĘP

Jednym z kryteriów oceny ropo- i gazonośności obszarów perspektywicznych jest znajomość parametrów fizycznych poziomów zbiornikowych. Ich określenie jest możliwe zarówno metodami stosowanymi przez geofizykę wiertniczą, jak i badaniami laboratoryjnymi materiałów rdzeniowych, pozwalającymi na uzyskanie takich danych, jak porowatość absolutna, porowatość efektywna, przepuszczalność, szczelinowatość, ilość wody związanej i ciśnienie kapilarne.

Jest oczywiste, że dla uzyskania możliwie najpełniejszego obrazu badania własności zbiornikowych powinny obejmować kompleks metod, tak jak to w dużym stopniu miało miejsce przy określaniu warunków zbiornikowych złóż gazu na obszarze Groningen w północnej Holandii (G. Van Der Laan, 1968; A. Mieształski, M. Podemski, 1972a) oraz złóż ropy i gazu występujących w akwenie Morza Północnego (R. E. Kent, P. J. Walmsley, 1970; A. Mieształski, M. Podemski, 1972b).

W czerwonym spągowcu Niżu Polskiego badania oparte na wszystkich wyżej wymienionych parametrach fizycznych skał zbiornikowych prowadzono w stopniu niedostatecznym, ograniczając się zazwyczaj do podawania wrywkowych pomiarów. Było to wynikiem braku kompletu analiz prowadzonych na materiale rdzeniowym stanowiącym niewielki procent serii.

Osady czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej zajmują przy tym stosunkowo uprzywilejowaną pozycję dzięki swej dużej perspektywiczności. Własności zbiornikowe skał tej epoki były w różnych opracowaniach (J. Sokołowski, 1967; P. Karnkowski, 1971 i inni) przedmiotem rozważań przy ocenie ropo- i gazonośności.

W niniejszym artykule podjęto próbę analizy wszystkich dostępnych danych, takich jak wyniki pomiarów laboratoryjnych porowatości efektywnej i przepuszczalności, wyniki pomiarów geofizyki kopalnianej oraz wyniki badań petrograficznych. Dane laboratoryjne porowatości efek-

tywnej uzupełniono wynikami otrzymanymi z obliczeń tego parametru metodą akustyczną, przeprowadzoną na rdzeniach wiertniczych (B. Bednarczuk, W. Śliżewski, 1971).

Opracowywany obszar ograniczony jest od południowego zachodu wychodniami saksonu (wg D. Kühn), od zachodu granicą państwa, a od północy i wschodu zasięgiem znacznego zagęszczenia wierceń badających osady dolnego permu.

Przedmiotem szczegółowej analizy jest tu seria piaszczysta występująca z dużą regularnością na całym badanym terenie w stropowej części profilu czerwonego spagowca, pod łupkami i wapieniami cechsztyńskimi cyklotemu Werra. Zaliczono do niej te odcinki profili dolnego permu, w których zaznacza się zdecydowana przewaga procentowa udziału utworów piaszczystych nad innymi typami litologicznymi. Miąższość tej serii określono na podstawie opisu rdzeni i próbek okruchowych oraz pomiarów geofizycznych.

Ze względu na niejednoznacznie określoną przynależność stratygraficzną omawianej serii w profilu dolnego permu w niniejszym artykule nazywana będzie ona umownie „podcechsztyńską serią piaszczystą czerwonego spagowca”.

#### MATERIAŁY PODSTAWOWE

Na omawianym obszarze monokliny przedsudeckiej wykonane zostały przez Instytut Geologiczny, Górnictwo Naftowe oraz Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie liczne otwory wiertnicze. Do określenia własności fizycznych podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca wybrano około 170 otworów przewiercających lub nawiercających osady dolnego permu, w których były przeprowadzone badania wspomnianych poprzednio parametrów. Jako podstawę do sporządzenia wykresów oraz wykonania mapy izopachyt i izopor podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca przyjęto jedynie 71 otworów, w których omawiana seria została całkowicie przewiercona. Z tej liczby ponad 90% otworów wykonało Górnictwo Naftowe. W otworach tych suma odcinków rdzeniowych w czerwonym spagowcu wynosi 10—30%, jedynie w nielicznych przypadkach dochodzi do 70—85%. Fakt ten wpływa na ilość wykonanych pomiarów laboratoryjnych porowatości efektywnej i przepuszczalności, które poza tym cechują się dużą nieregularnością rozmieszczenia w przewierconych profilach: od 1 pomiaru na 1 m rdzenia do 1 pomiaru na kilka lub kilkanaście m rdzenia.

W celu uściślenia danych, przynajmniej tam, gdzie ze względu na istnienie rdzenia było to możliwe, przeprowadzono dodatkowe pomiary porowatości efektywnej metodą akustyczną na rdzeniach wiertniczych (metoda betonoskopowo-defektoskopowa, opracowana w Przedsiębiorstwie Geologicznym w Warszawie przez mgra B. Bednarczuka). Pomiary te na zlecenie Instytutu Geologicznego wykonano w Dziale Studiów i Projektów PG w Warszawie. Badania uzupełniające objęły 45 wytypowanych otworów (ze względu na stan zachowania rdzeni mogły to być jedynie otwory wykonane w ciągu ostatnich 2—3 lat), w których przeprowadzono około 2500 pomiarów.

W sumie wykorzystano 4642 pomiary porowatości efektywnej oraz 2258 pomiarów przepuszczalności dla około 14100 m profili. Daje to śred-

Zestawienie wyników pomiarów porowatości efektywnej i przepuszczalności skał

Lp.	Symbol i numer wiercenia	Wysokość n.p.m.	Głębokość bezwzględna stropu i spagu czerwonego spagowca	Miąższość w m	Głębokość bezwzględna stropu i spagu badanej serii
1	2	3	4	5	6
1	A—4	160,7	1598,8—1758,8	160,0	1598,8—1705,0
2	Br—1**	92,5	1532,5—1925,7	393,2	1532,5—1702,5
3	Bar—1	87,0	1306,5—1745,0	438,5	1306,5—1533,0
4	Bi—1	70,0	1598,0—2440,0	842,0	1598,0—1780,0
5	B—3	115,6	1443,4—1554,4	111,0	1443,4—1554,4
6	B—6	115,0	1366,5—1500,0	113,0	1366,5—1500,0
7	B—7	120,0	1348,0—1425,0	77,0	1348,0—1425,0
8	Bo—1	88,9	1384,7—1732,7	348,0	1384,7—1732,7
9	Br—1	65,0	2123,5—2435,5	312,0	2123,5—2236,0
10	Brz—1	62,5	1973,0—2032,0	59,5	1973,0—2032,5
11	C—1**	61,0	1673,5—1875,0	201,5	1673,5—1709,0
12	Ch—1	85,0	2194,5—3106,0	911,5	2194,5—2553,0
13	Cz—2	137,7	1392,3—1620,8	228,5	1392,3—1529,2
14	Cz—3	120,0	1494,0—1808,0	314,0	1494,0—1725,0
15	Da—1	78,8	1296,2—1353,7	57,5	1296,2—1331,2
16	D—2	88,0	1852,5—2011,0	158,5	1852,5—1953,0
17	Dą—1	153,0	1532,0—1560,0	28,0	1532,0—1533,5
18	Do—1	148,8	1319,2—1451,2	132,0	1319,2—1366,2
19	Ga—1	120,0	1402,0—1609,0	207,0	1402,0—1602,0
20	GW—1**	84,5	2812,0—3125,5	313,5	2812,0—2838,0
21	Gł—1**	157,0	1360,0—1695,5	335,5	1360,0—1633,0
22	G—1	130,0	1527,5—1741,5	214,0	1527,5—1730,0
23	Gr—1	105,0	1658,5—1732,5	74,0	1658,5—1732,5
24	Gu—2**	82,0	1932,0—1953,9	21,9	1932,0—1953,9
25	J—1**	55,0	2136,0—3065,0	329,6	2136,0—2573,5
26	Ja—1	114,7	1556,3—1632,3	76,0	1556,3—1625,3
27	K—1	95,0	1274,5—1290,5	16,0	1274,5—1277,0
28	Ką—1**	111,0	1942,0—2059,0	117,0	1942,0—2011,5
29	Kl—1**	55,0	2191,5—2945,0	754,5	2191,5—2365,0
30	Ko—1**	47,0	2806,5—3161,0	354,5	2806,5—3083,0
31	Kr—1	165,0	1673,0—1730,0	57,0	1673,0—1730,0
32	La—1	144,0	1776,0—1921,0	145,0	1776,0—1921,0
33	Lu—1**	87,0	1263,5—1364,5	101,0	1263,5—1293,0
34	L—2	100,0	1917,2—2775,0	807,8	1917,2—2225,0
35	Ma—1	195,0	1413,0—1449,5	36,5	1413,0—1417,6
36	Mi—1	160,0	1458,0—1501,0	43,0	1458,0—1501,0
37	Mi—2	150,0	1448,0—1497,0	49,5	1448,0—1497,0
38	Mi—3	155,5	1460,5—1502,0	41,5	1460,5—1502,0
39	M—1	115,0	1528,5—1617,0	89,0	1528,5—1617,5
40	Mr—1	131,0	1046,9—1103,9	57,0	1046,9—1103,9

Tabela 1

podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca na monoklinie przedsudeckiej

Miąszość w m	Ilość próbek *	Porowatość od — do w %	Porowatość średnia w %	Przepuszczalność od — do w mD	Przepuszczal- ność średnia w mD
7	8	9	10	11	12
107,0	20	3,11—15,51	10,31	0,941— 18,823	8,952
171,0	17 + 29	8,55—27,50	17,43	0,148— 13,529	5,789
226,5	2/1	14,60—26,41	20,50***	8,414	8,414***
182,0	6	9,53—10,50	10,50***	0,505— 6,813	3,901***
111,0	21	8,49—24,70	16,24	0,472— 78,638	15,653
133,0	98 +130	4,05—27,30	16,04	1,625—206,167	57,692
77,0	35 + 98	2,05—23,20	15,68	5,425—105,773	50,231
348,0	14	7,16—25,00	17,62***	8,785—162,177	76,346***
112,5	9 + 36	11,15—25,00	18,53	← tylko pomiary akust.	
59,5	9	7,20—28,88	17,75	2,297— 68,905	20,515
17,2	18	1,41—14,14	10,57	1,263—179,459	113,510
358,5	25/23 + 73	9,97—24,50	16,49***	11,503—204,700	17,404***
136,9	43 +113	1,35—27,50	14,85	24,585—119,631	54,299
231,0	5 + 3	7,96—20,75	14,51	1,101— 5,604	3,116
35,0	9	9,02—26,17	17,32	1,495—210,585	140,853
100,5	7	11,03—22,80	16,29	0,144— 2,747	1,362
3,5	3	7,34— 7,85	7,54	0,992— 4,030	2,928
57,0	41	3,76—20,90	13,10	0,269— 22,063	7,222
200,0	20	15,42—27,74	20,74	1,873— 97,421	30,878
26,0	6 + 19	4,80—24,40	15,28	1,108— 3,880	1,842
273,0	10 + 37	0,75—25,20	16,75	0,113— 14,560	6,425***
203,0	25	11,76—25,26	20,65	1,695—192,139	60,863
74,0	10 + 6	5,88—15,03	10,63	0,017— 22,172	7,169
21,9	23	11,23—21,55	17,28	26,320—225,203	126,066
437,5	29 + 57	2,35—25,30	15,64	0,031— 30,551	0,414***
69,0	13/10 + 36	6,35—26,44	11,80	0,377— 2,749	1,196
2,5	1	1,88	1,88	0,669	0,669
69,5	10 + 22	7,54—19,80	15,13	0,819— 5,696	3,059
173,5	5	11,53—14,37	12,58***	24,140— 89,490	50,230***
276,5	7	20,14—24,62	21,84***	35,219— 66,893	54,529***
57,0	8 + 18	5,10—20,75	16,69	16,531—114,500	53,138
145,0	13	6,25—20,68	16,17	12,206—138,685	82,744
29,5	20	6,03—15,05	9,06	4,026—177,151	79,655
307,8	16 + 26	3,31—18,50	11,64	0,041— 2,464	0,412***
4,6	11	2,91—14,43	8,38	0,242— 1,694	0,964
43,0	7 + 14	0,55—24,70	15,37	18,228— 49,234	28,984
49,5	25 + 78	7,53—24,80	15,45	0,159— 20,720	5,231
41,5	5	2,57—10,82	7,82	0,132— 2,835	0,858
89,0	10/5	6,65—30,60	19,98	0,519— 17,315	8,805***
57,0	20/16 + 43	6,36—27,60	16,54	2,086—260,454	63,650



1	2	3	4	5	6
41	N—1	78,0	1204,0—1567,0	363,0	1204,0—1272,0
42	NS—1**	75,0	1154,0—1590,6	386,6	1154,0—1225,0
43	P—1	78,0	1336,0—1792,0	436,0	1336,0—1472,0
44	Pi—1	170,0	1300,0—1481,0	181,0	1300,0—1481,0
45	Po—1**	60,0	2294,5—3240,0	945,5	2294,5—2665,0
46	Pr—1	160,0	1428,0—1647,0	219,0	1428,0—1647,0
47	Ra—5	92,5	1532,5—1744,5	212,0	1532,5—1744,5
48	R—1	115,0	1625,5—1651,0	25,5	1625,5—1641,0
49	Sę—2a**	60,0	1923,0—1943,6	20,6	1923,0—1939,6
50	Si—2	151,5	1343,9—1435,9	92,0	1343,9—1378,5
51	Si—3	149,5	1388,0—1590,5	202,5	1388,0—1398,6
52	Sp—1	92,0	1467,0—1661,0	194,0	1467,0—1633,0
53	So—1	120,0	1412,0—1514,0	102,0	1412,0—1514,0
54	St—1**	52,5	1571,5—1738,5	167,0	1571,5—1577,5
55	Sm—1	125,0	1782,6—1900,0	117,4	1782,6—1760,0
56	Śl—1	90,0	1447,5—1635,5	188,0	1447,5—1588,0
57	Su—1	132,5	1457,0—1558,5	101,5	1457,0—1558,1
58	Sz—1	124,4	1435,8—1615,6	177,6	1435,8—1613,6
59	Sz—2	120,0	1395,0—1520,0	125,0	1395,0—1520,0
60	Śm—1	95,0	1785,0—2010,0	225,0	1885,0—1845,0
61	Św—1	120,0	1445,3—1627,0	181,7	1445,3—1627,0
62	Ś—1	100,0	1995,0—2495,5	500,5	1995,0—2054,0
63	T—1	117,7	1631,3—2018,3	387,0	1631,3—1811,7
64	TL—1**	83,0	1737,0—1922,8	185,8	1737,0—1852,0
65	Trz—1**	72,5	1775,0—2594,2	819,2	1775,0—1997,5
66	U—4	113,0	1377,0—1499,5	122,5	1377,0—1499,5
67	Wi—1	155,0	381,0—805,0	428,0	381,0—421,0
68	Wrz—1	171,0	1452,0—1561,5	109,5	1452,0—1561,5
69	Wr—1	113,3	1445,3—1529,8	84,5	1445,3—1529,8
70	Ż—3	115,0	2095,0—2121,0	26,0	2095,0—2110,3
71	Ż—4	113,0	2086,5—2113,0	26,5	2086,5—2113,0

\* — poz. 8 — ilość wykonanych pomiarów laboratoryjnych: porowatość efektywna/prze efektywnej + porowatość efektywna mierzona metodą akustyczną na rdzeniach wiertniczych.

\*\* — wiercenie nie przebiło całkowicie osadów czerwonego spagowca, przewiercona nato

\*\*\* — wynik nie uwzględniony przy sporządzaniu diagramów.

nio 1 pomiar porowatości efektywnej na około 3 m profilu oraz 1 pomiar przepuszczalności na 6,2 m profilu. W praktyce jednak w niektórych odcinkach profili zagęszczenie badań wynosiło około 3 pomiary na 1 m profilu, inne natomiast pozbawione były tych badań zupełnie lub prawie zupełnie.

Dysponując powyższymi wynikami pomiarów przystąpiono do obliczeń średnich wartości porowatości efektywnych i przepuszczalności dla wydzielonych serii piaszczystych w poszczególnych otworach.

W celu uzyskania porównywalnych wyników (zredukowanie różnic powstałych wskutek nierównomiernego rozmieszczenia analiz w profilach

c. d. tabeli I

7	8	9	11	11	12
68,0	5/2	5,12—19,10	14,73	24,247— 36,371	30,307***
71,0	2	10,57—19,00	14,78***	498,600—658,900	578,750***
136,0	2	8,42—24,03	15,10***	0,290— 1,433	0,861***
181,0	18	9,33—17,92	14,02	20,839—224,421	45,984
370,0	14	3,92—21,82	17,40***	8,071—177,564	108,727***
219,0	15	13,08—24,85	19,42	13,990—150,282	58,426
212,0	6	11,21—19,14	14,71***	4,843—109,449	56,249***
15,5	8 +30	2,85—19,30	12,15	0,060— 5,771	3,106
16,6	7	9,90—14,89	13,26	16,275—105,787	65,888
34,4	26/23	6,90—14,01	10,61	0,169— 27,994	4,275
10,6	5	5,81—15,86	11,44	1,463— 10,450	5,038
166,0	20	5,47—13,48	8,31	1,159—128,389	47,267
102,0	11/10	15,59—23,31	19,41	9,213— 47,637	27,421
6,0	3/2	3,23—14,50	7,83	0,442— 10,49	0,466
77,4	7	5,83—19,01	12,43	3,156— 51,667	33,204
140,5	26	6,00—17,06	11,05	0,419— 88,151	10,731
101,5	22 +23	5,13—28,06	19,11	7,651—114,766	80,987
177,6	16 +22	10,52—29,50	22,94	51,252—106,115	103,947
125,0	45/11 +122	5,35—24,06	14,95	9,101—132,354	38,203
60,0	9	0,31—16,71	8,91	0,379— 32,475	0,624
181,7	23	8,01—22,89	17,60	5,204—222,874	111,442
59,0	17	4,35—28,20	16,58	0,201— 56,962	31,101
166,0	16 +48	1,67—11,10	6,51	0,231— 3,395	1,446
115,0	11/13	14,75—22,00	18,12	0,250— 17,255	10,941
216,5	12	20,27—24,41	22,77	147,993—227,518	187,247
122,5	54 +34	5,88—22,80	16,75	0,583— 50,243	31,164
40,0	1	16,61	16,61***	54,500	54,500***
109,5	24/23 +27	7,17—22,80	15,66	0,152— 18,870	3,765
84,5	65	9,35—21,35	14,71	—	—
15,3	10/3	0,96—8,29	4,85	0,121— 2,441	0,900
26,5	14	4,84—19,70	8,75	0,020— 19,163	3,386

puszczalność — o ile ilość wykonanych pomiarów jest różna od ilości pomiarów porowatości

miał została badana seria.

badanych wierceń) pomiary laboratoryjne oraz akustyczne omawianych parametrów analizowano na podstawie krzywych pomiarów geofizycznych. Krzywe te łącznie z opisami rdzeni i próbek okruskowych stanowiły podstawę wydzielenia w obrębie badanych serii piaszczystych odcinków profili, mających w miarę jednolite własności fizyczne. Przy tego typu wydzieleniach szczególną wagę przywiązywano do krzywych obrazujących radioaktywność naturalną (profilowanie gamma) oraz radioaktywność wzbudzoną (profilowanie neutron-gamma). Dla otrzymanych w ten sposób odcinków profili obliczono wartości średnich porowatości efektywnych i przepuszczalności na podstawie wyników analiz laborato-

ryjnych, uzupełnionych badaniami akustycznymi, stosując metodę średnich arytmetycznych. W przypadku, gdy wydzielony odcinek nie był poddany takim badaniom wielkość średniej porowatości i przepuszczalności przyjmowano z analogicznych odcinków profili (podobny przebieg krzywych karotażowych), które miały obliczone interesujące nas parametry. Na podstawie otrzymanych tą drogą wartości obliczono, stosując metodę średnich ważonych (wagą były tu miąższości poszczególnych odcinków serii piaszczystej), średnie porowatości efektywne i przepuszczalności dla całej omawianej serii.

Wyniki te można w dużej mierze uznać za reprezentatywne dla podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca. Należy tu zaznaczyć, że nie zawsze wartości oparte na dużej liczbie pomiarów laboratoryjnych i akustycznych muszą być dokładniejsze, decydujący bowiem wpływ na precyzność obliczeń ma rozmieszczenie analiz w profilu badanej serii oraz otrzymany obraz krzywych karotażowych. Niemniej z dalszych badań wyeliminowano te wyniki, które oparte są na średniej ilości pomiarów mniejszej aniżeli 1 pomiar na 12—15 m profilu. Wpłynęło to szczególnie na liczbę zakwalifikowanych do dalszych rozważań wyników badań średniej przepuszczalności badanej serii. Wartości te oparte są bowiem jedynie na wynikach analiz laboratoryjnych.

Uzyskane wyżej wymienionymi metodami podstawowe parametry fizyczne na tle innych danych dotyczących badanych profili zostały zebrane w tabeli 1. Na podstawie tych danych wykonano szereg diagramów (fig. 1—5) przedstawiających wzajemne zależności lub ich brak pomiędzy takimi parametrami jak: porowatość efektywna, przepuszczalność, miąższość podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca i głębokości jej występowania. Po uwzględnieniu związków zachodzących pomiędzy wielkością porowatości efektywnej a miąższością badanej serii oraz na podstawie danych zawartych w załączonej tabeli, wykonano mapę (fig. 6) miąższości podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca na monoklinie przedsudeckiej wraz ze szkicem równych średnich porowatości efektywnych (izopor). Zarówno mapę miąższości, jak i szkic izopor wykonano metodą konturowania interpretacyjnego.

## WYNIKI BADAŃ

Wspomniane w poprzednim rozdziale diagramy przedstawiające związki pomiędzy poszczególnymi parametrami podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca oparto na około 50—60 punktach, to znaczy na takiej ilości, która spełnia wymogi małej próby (minimalna ilość — 30 punktów).

Rozkład punktów na diagramie przedstawiającym związki zachodzące między porowatością efektywną a miąższością serii piaszczystej (fig. 1) jest reprezentatywny w części środkowej, w przedziale głębokościowym zawartym pomiędzy 10—200 m (miąższość najczęstsza na omawianym terenie). Zwiększającej się miąższości badanej serii odpowiada zwiększająca się porowatość efektywna, przy czym siła związku korelacyjnego między tymi parametrami dla interwału 10—200 m jest wysoka i wzrasta niemal prostolinijnie, natomiast powyżej miąższości 200 m związek korelacyjny wyraźnie słabnie. Z analizy wynika, że średnia porowatość

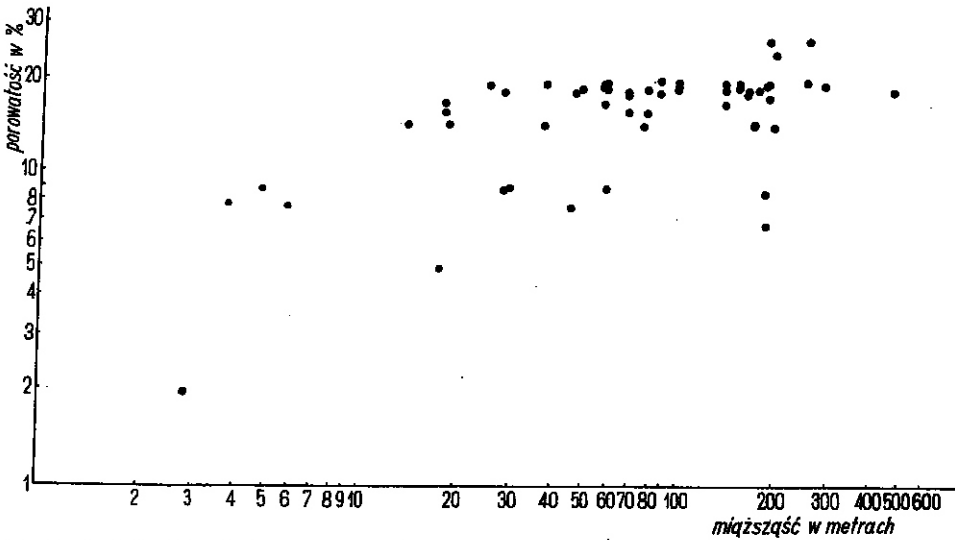


Fig. 1. Zależność między porowatością efektywną a miąższością podcechszyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca  
Relationship between effective porosity and occurrence depth of the Sub-Zechstein arenaceous series of Rothliegendes

efektywna większa od 10% (dosyć dobra wg A. I. Levorsena, 1956) występuje przy miąższościach przekraczających 10—15 m, to znaczy takich, które uznano za miąższości minimalne dla złóż przemysłowych (W. L. Russell, 1960) Najwyższe średnie porowatości efektywne, rzędu 15—24%, występują przy miąższościach serii piaszczystej przekraczającej 70—80 m, co odpowiadałoby w przybliżeniu miąższościom omawianej serii w otworach, z których uzyskano przemysłowy przyływ gazu.

Diagram niniejszy w powiązaniu ze szkicem miąższości podcechszyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca (fig. 6) może być przydatny przy określaniu porowatości efektywnej serii piaszczystej w tych rejonach monokliny przedsudeckiej, gdzie pomiary laboratoryjne wykonane były sporadycznie lub tam, gdzie brak ich zupełnie, a jedynie znana jest jej miąższość.

Z diagramu zależności między porowatością efektywną a głębokością występowania serii piaszczystej (fig. 2) wynika, że głębokość ta nie ma istotnego wpływu na wielkość porowatości efektywnej. Stwierdzenie to dotyczy przedziału głębokości występowania badanej serii w południowej części monokliny przedsudeckiej, zawartego pomiędzy 1000 m a 2600 m. W otworze Środa IG 3, w którym seria ta nawiercona została na głębokości 3524 m i do głębokości 3981 m nie została przebita, otrzymane wyniki zdają się rozszerzać powyższe stwierdzenie także i na większe głębokości. Zagadnienie to było przedmiotem badań geologów radzieckich, takich jak B. K. Proszliakow (1960, 1969), N. S. Predteczenska (1970) i innych. Wyniki przez nich otrzymane nie rozwiązują tego zagadnienia jednoznacznie. W każdym razie przypadek monokliny przedsudeckiej wydaje się potwierdzać opinię tych geologów, będących raczej w mniejszości, że nie we wszystkich przypadkach wzrost głębokości występowania

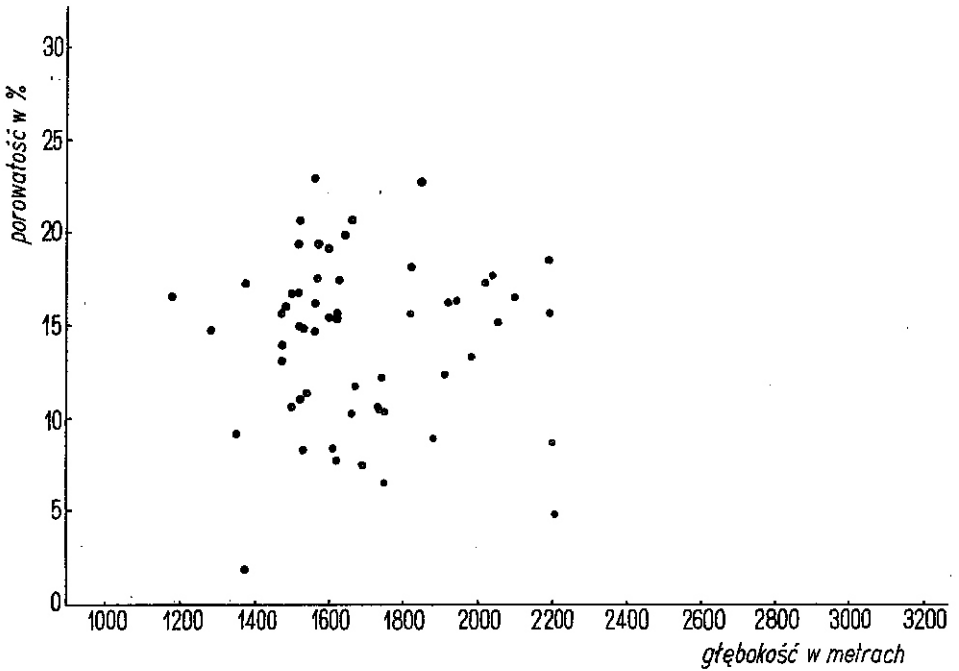


Fig. 2. Zależność między porowatością efektywną a głębokością zalegania podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca  
Relationship between effective porosity and occurrence depth of the Sub-Zechstein arenaceous series of Rotliegendes

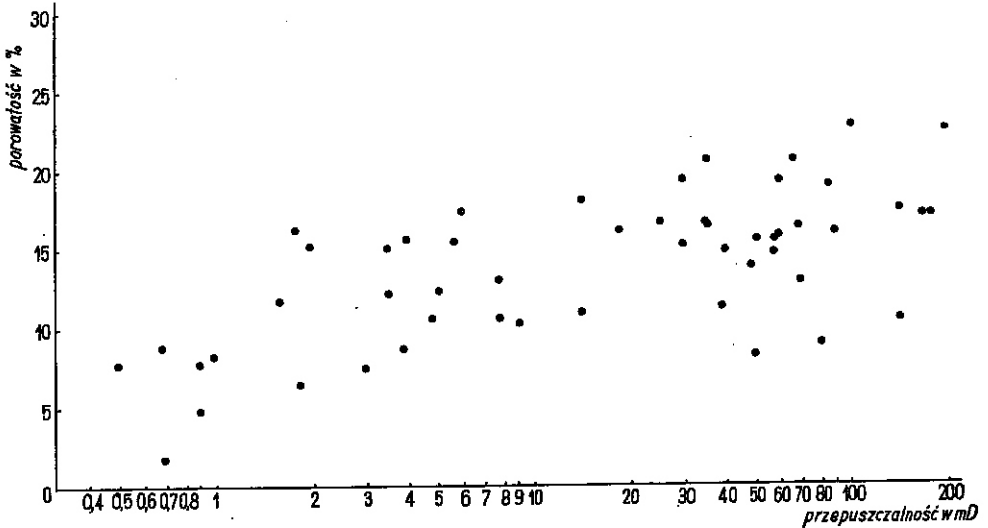


Fig. 3. Zależność między porowatością efektywną a przepuszczalnością podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca  
Relationship between effective porosity and permeability of the Sub-Zechstein arenaceous series of Rotliegendes

skął zbiornikowych wpływa na zmniejszenie ich porowatości efektywnej. W przypadku omawianego rejonu zjawisko to może mieć wpływ na poszerzenie zainteresowań geologii naftowej na te obszary, w których utwory czerwonego spągowca występują na znacznych głębokościach.

Związek pomiędzy porowatością efektywną a przepuszczalnością był już od dosyć dawna analizowany przez różnych badaczy, takich jak G. H. Archie (1950), G. V. Chilingar (1964) i innych. W przypadku podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca na monoklinie przed-sudeckiej (fig. 3) siła związku korelacyjnego obu parametrów jest stosunkowo wysoka dla szerokiego przedziału przepuszczalności — od 0,4 mD do blisko 200,0 mD.

Przydatność tego diagramu może polegać na możliwości przybliżonego określenia jednego z badanych parametrów na podstawie znanej wartości drugiego z nich.

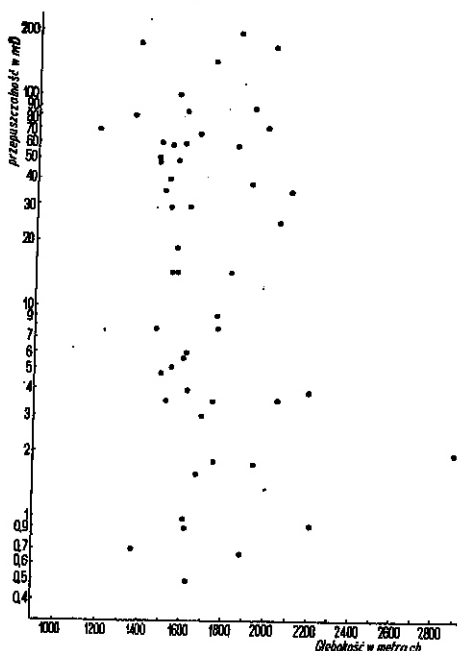


Fig. 4

Fig. 4. Zależność między przepuszczalnością a głębokością zalegania podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca

Relationship between permeability and occurrence depth of the Sub-Zechstein arenaceous series of Rotliegendes

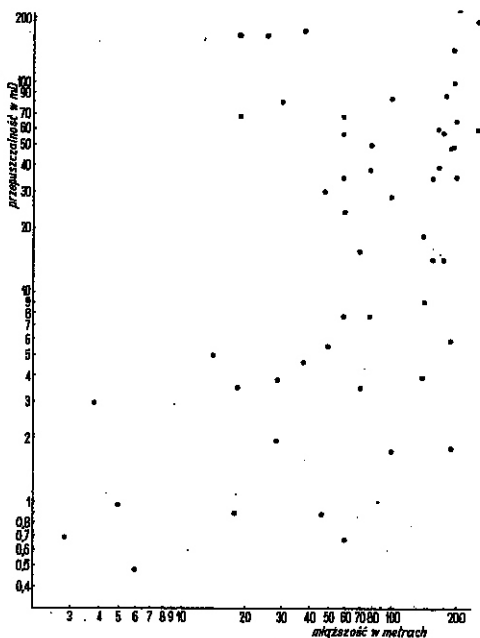


Fig. 5

Fig. 5. Zależność między przepuszczalnością a miąższością podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca

Relationship between permeability and thickness of the Sub-Zechstein arenaceous series of Rotliegendes

Na diagramie zestawiającym wartości średnich przepuszczalności i głębokości występowania badanej serii piaszczystej (fig. 4) związek pomiędzy powyższymi parametrami nie jest widoczny. Jest to zresztą w pewnym sensie konsekwencją braku zależności pomiędzy porowatością efektywną a głębokością występowania serii piaszczystej.

W nieco większym stopniu zaznacza się związek między przepuszczalnością a miąższością serii piaszczystej (fig. 5). Wyraża się on wzrostem średnich przepuszczalności w miarę wzrostu miąższości badanej serii. Byłoby to zgodne z wynikami poprzednich diagramów (fig. 1 i fig. 3).

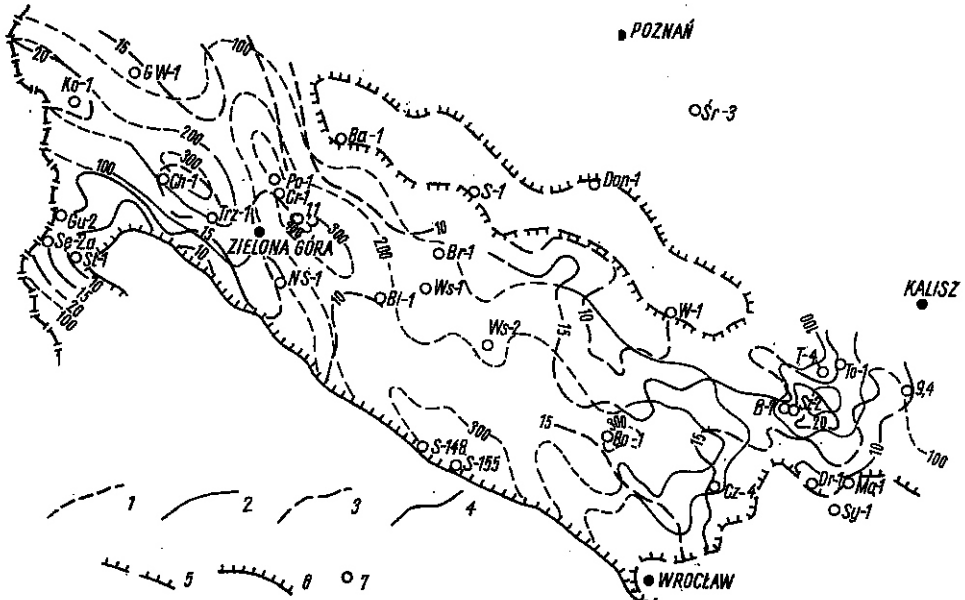


Fig. 6. Szkic izopachyt i izopor podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej

Isopachyte and isopor sketch of the Sub-Zechstein arenaceous series of Rotliegendes

1 — izopachyty niepewne; 2 — izopachyty pewne; 3 — izopory niepewne; 4 — izopory pewne; 5 — zasięg podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca; 6 — strefa wschodni osadów maksimu (wg D. Kühn); 7 — wybrane otwory wiertnicze

1 — questionable isopachytes; 2 — unquestionable isopachytes; 3 — questionable isopors; 4 — unquestionable isopors; 5 — range of the Sub-Zechstein arenaceous series of Rotliegendes; 6 — zone of outcrops of the Saxonian deposits (according to D. Kühn); 7 — selected bore holes

Omówione powyżej zależności, mimo nieuniknionych błędów wynikających z trudności przy uśrednianiu analizowanych parametrów, pozwalają jednak na pewne zorientowanie się w zachowaniu niektórych własności fizycznych podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca, określając charakter zbiornika skalnego.

Wnioski wyciągnięte z diagramów (fig. 1) w dużej mierze wpłynęły na konstrukcję izopachyt i izopor na mapie serii piaszczystej (fig. 6). Wschodnia granica mapy ograniczona jest zasięgiem prac wiertniczych, w których przeprowadzone były pomiary porowatości efektywnej i przepuszczalności w badanej serii. Przebiega ona przez południk Antonina. Na zachód od niej zaznacza się rejon dużych miąższości podcechsztyńskiej serii piaszczystej (ponad 200 m) o generalnym przebiegu z południowego zachodu (rejon wierceń Sz-2, B-7) na północny wschód (rejon wierceń T-4 i To-1). Obszar ten poprzedzielany jest szeregiem poprzecznych stref

o mniejszych miąższościach serii piaszczystej o kierunkach z północnego zachodu na południowy wschód, zbliżonych do kierunków występujących na pozostałej części opracowywanego obszaru. Utwory omawianej serii, budujące tu cały profil czerwonego spagowca, składają się w głównej mierze z piaskowców kwarcowych drobno- i średnioziarnistych o zmiennej zawartości kwarcu detrytycznego (T. Butkiewicz, M. Kozłowska, T. Przybyłowicz, 1966; T. Przybyłowicz, 1968). W dolnej partii podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca ilość kwarcu detrytycznego wynosi 40—50%, w części górnej natomiast waha się w granicach 60—70%. Zawartość minerałów ciemnych większa jest w części dolnej niż w górnej. Spoiwo serii piaszczystej jest typu węglanowo-ilasatego (zawartość spoiwa węglanowego waha się w granicach 0,5—39%, spoiwa ilastego w granicach 2,4—30,7%). Spoiwo kwarcowe, krzemionkowe i anhydrytowe występuje w ilościach podrzędnych. Wzajemny stosunek wyżej wymienionych typów spoiw w pewnym stopniu wpływa na wielkość porowatości efektywnej. Piaskowce charakteryzujące się przewagą spoiwa ilastego zwykle są mniej porowate aniżeli piaskowce o spoiwie węglanowym.

Izopory układają się w kierunku NW—SE, wskazują na wysoką porowatość efektywną (przekraczającą 22%) skał w tym rejonie, to samo odnosi się do średnich przepuszczalności (przekraczających 100 mD). Wartości te maleją równomiernie w kierunku północnym, zachodnim i południowym, przy czym o ile w kierunku północnym i zachodnim związane jest to prawdopodobnie ze zmniejszającą się miąższością serii piaszczystej (fig. 1), to w kierunku południowym istotny wpływ ma zmiana facji z piaszczystej na zlepieńcowatą (rejon wierceń Mą-1, Sy-1).

Na zachód od wiercenia Dr-1 strefa zlepieńcowata dolnego permu sięga szeroką zatoką na północny zachód, wyznaczając dalszy przebieg w tym kierunku strefy małych miąższości podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca.

Ponowny wzrost miąższości tej serii następuje na zachód od powyższej strefy. W częściach brzeżnych, otaczających rejon największych miąższości, którego oś wyznaczają wiercenia Cz-4, Bo-1, Ws-2, dużą rolę odgrywiają zlepieńce, a dalej ku zachodowi mułowce, ilowce i skały wulkaniczne. Określenie spągu podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca, a co za tym idzie ustalenie jej miąższości jest niejednokrotnie bardzo trudne, ponieważ dla wielu wierceń dysponuje się jedynie pomiarami geofizycznymi. Niemniej nawet przy założeniu pewnych niedokładności w ustalaniu spągu omawianej serii, przebieg izopachyt potwierdza kierunek NW—SE, zaznaczający się także w kształcie izopor.

Ku strefie osiowej omawianego rejonu wzrasta miąższość serii piaszczystej, jak też jej procentowy udział w stosunku do miąższości pozostałych kompleksów dolnego permu. Ma to swoje odbicie we wzroście porowatości efektywnej, która przekracza tu 19%. W zestawieniu z rejonem wierceń Sz-2, B-7 i T-4 rzuca się w oczy jednak znacznie niższa wartość analizowanych parametrów w stosunku do miąższości serii piaszczystej. Wytłumaczenia tego stanu rzeczy należy się prawdopodobnie doszukiwać w rodzaju spoiwa występującego w tym rejonie (przewaga spoiwa ilasto-żelazistego).

Strefa dużych miąższości podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spagowca rejonu wiercenia Bo-1 (przekraczająca 340 m) przedłuża



się w kierunku zachodnim i północno-zachodnim, aby w wierceniach S-148 i S-155 przekroczyć odpowiednio miąższość 300 i 350 m. Wykonane na tym obszarze wiercenia prawie nie mają analiz porowatości efektywnej i przepuszczalności. Niemniej na podstawie danych otrzymanych z otworów Ws-1, Bi-1 i Br-1 (w tym ostatnim wykonano jedynie pomiary porowatości efektywnej metodą akustyczną) należy sądzić, że wartości te nie odbiegają od wyników otrzymanych w rejonach omówionych poprzednio.

W kierunku północno-wschodnim tego obszaru miąższość badanej serii maleje aż do zera w strefie wyznaczonej przez wiercenia Ba-1, S-1, Don-1, W-1 (strefa Myślibórz — Wolsztyn — Leszno pozbawiona jest osadów dolnego permu).

Na północ i północny wschód od tej strefy wykonano tylko jedno wiercenie Sr-3, w którym przeprowadzono pomiary laboratoryjne porowatości efektywnej. Otrzymane wartości średniej porowatości efektywnej, wynoszące około 13% dla nie przewierconej podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca (457 m), wskazywałyby na panujące tu raczej korzystne warunki kolektorskie.

Strefa dużych miąższości badanej serii piaszczystej, zaznaczająca się na południowym wschodzie we wspomnianych powyżej wierceniach S-148 i S-155, przedłuża się w kierunku północno-zachodnim. Oś jej przebiega przez wiercenia J-1, Cr-1 i Po-1. Seria piaszczysta, przekraczająca miąższość 400 m w otworze J-1, zbudowana jest z piaskowców drobno- i średnioziarnistych o barwie czerwonej, ilastych, przechodzących ku stropowi w piaskowce różnoziarniste o barwie białej i szarej (A. Rydzewski, 1969; M. Podemski, 1970). Te ostatnie są często silnie okruszcowane siarczkami metali ciężkich. Zarówno piaskowce czerwone, białe, jak i szare mają zbliżony skład, wielkość i stopień obtoczenia materiału detrytycznego. Różnica polega na obecności minerałów siarczkowych, zmiennej ilości i wartościowości żelaza w spoiwie, oraz zmiennej ilości spoiwa, głównie ilasto-żelazistego. Ta ostatnia cecha odgrywa znaczną rolę w wielkości badanych parametrów, brak jednak dostatecznej ilości badań petrograficznych utrudnia ustalenie tych związków. Największe średnie porowatości efektywne tej strefy nie przekraczają 17,5%, średnie przepuszczalności natomiast wahają się od 0,4 do ponad 100,0 mD.

Na zachód od powyższego rejonu zaznacza się kolejny obszar dużych miąższości podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca, którego oś wyznaczona przez wiercenia NS-1, Trz-1, Ch-1 oraz Ko-1 biegnie pod kątem do osi J-1 — Po-1. Seria piaszczysta omawianej strefy, o miąższości przekraczającej 300 m, leży na zlepieńcach, mułowcach, ilowcach i na skałach wylewnych. Charakteryzuje się ona dużą porowatością efektywną, dochodzącą do 20%, oraz wysokimi wartościami przepuszczalności, szczególnie w południowo-wschodniej części obszaru (rejonu NS-1), gdzie punktowo dochodzi do kilkuset mD. Ku północy i południowemu zachodowi miąższość podcechsztyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca maleje. W kierunku południowo-zachodnim najniższą wartość osiąga na obszarze wyznaczonym przez wiercenia C-1, Gu-2 i St-1, aby od linii St-1 — Sę-2a ponownie wzrosnąć. Wahania miąższości podcechsztyńskiej serii piaszczystej znajdują swoje odbicie w zmianach porowatości tej serii.

Izopachyty i izopory omawianej serii w obszarze leżącym na północ od strefy dużych miąższości serii piaszczystej NS-1 — Ko-1 mają charakter hipotetyczny. Podstawą ich wykreślenia były bowiem dane pochodzące tylko z jednego wiercenia GW-1 oraz ogólny przebieg wyniesienia myśliborsko-wolsztyńsko-leszniańskiego.

### PODSUMOWANIE

Zastosowane w niniejszym opracowaniu metody pozwoliły w dużym stopniu na wykorzystanie istniejących materiałów archiwalnych (wyniki analiz porowatości efektywnej i przepuszczalności), które ze względu na swoje rozproszenie i fragmentaryczność do tej pory nie znalazły większego zastosowania przy ocenie perspektywiczności obszarów poszukiwawczych. Metody te pozwoliły, dzięki analizie wszystkich wykonanych badań dla wydzielonych serii, na uśrednienie wyników dwu podstawowych parametrów fizycznych skał zbiornikowych, jakimi są porowatość efektywna i przepuszczalności dla poszczególnych wierceń, a następnie prześledzenie wzajemnych zależności zachodzących między nimi a miąższościami i głębokościami występowania wydzielonej serii (fig. 1—5).

Na podstawie diagramów przedstawiających związki zachodzące między wyżej wymienionymi parametrami oraz danych zestawionych w tabeli 1 skonstruowano mapę miąższości i szkic równych średnich porowatości efektywnych (izopor) podcechszyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej (fig. 6).

Przebieg izopachyt i izopor oraz wnioski wyciągnięte z analizy odpowiednich diagramów wskazują na to, że największych porowatości efektywnych i przepuszczalności należy szukać w tych rejonach monokliny przedsudeckiej, gdzie miąższości podcechszyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca są stosunkowo duże (fig. 1 i fig. 3).

Głębokość występowania omawianej serii wydaje się nie mieć zasadniczego wpływu na wielkość badanych parametrów (fig. 4).

W tym kontekście dalszych obiektów posiadających korzystne własności fizyczne (porowatość efektywna i przepuszczalność) należy szukać w strefach dużych miąższości podcechszyńskiej serii piaszczystej czerwonego spągowca niezależnie od głębokości ich występowania.

Zakład Geologii Ropy i Gazu  
Instytutu Geologicznego  
Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
Nadesłano dnia 27 lipca 1972 r.

### PIŚMIENNICTWO

- ARCHIE G. H. (1950) — Introduction to petrophysics of reservoir rocks Bull. of the American Association of Petroleum Geologists, 34, p. 943—961 No. 5. Tulsa, Oklahoma.
- BEDNARCZUK B., ŚLIŻEWSKI W. (1971) — Ustalanie szczelinowatości metodą defektoskopowo-luminiscencyjną. Prz. geol., 19, p. 495—496, nr 11. Warszawa.

- BUTKIEWICZ T., KOZŁOWSKA-KOCH M., PRZYBYŁOWICZ T. (1966) — Charakterystyka perspektywiczna osadów czerwonego spągowca ze szczególnym uwzględnieniem spoiwa oraz uziarnienia. Arch. ZING PAN (mashynopsis). Warszawa.
- CHILINGAR G. V. (1964) — Relationship between porosity, permeability and grain-size distribution of sands and sandstones. *Developments in Sedimentology*, 1, p. 71—82. London.
- LEVORSEN A. I. (1956) — The Reservoir Pore Space. *Geology of petroleum*, p. 93—137. San Francisco.
- KARNKOWSKI P. (1971) — Perspektywy odkrycia złóż ropy naftowej i gazu w południowo-zachodniej Polsce. *Prz. geol.*, 19, p. 175—179, nr 4. Warszawa.
- KENT R. E., WALMSLEY P. J. (1970) — North Sea progress. *Bull. of American Association of Petroleum Geologists*, 54, p. 167—181, No 1. Tulsa, Oklahoma.
- MIESZTAŃSKI A., PODEMSKI M. (1972a) — Złoże gazu w Groningen. *Nafta*, nr 4, p. 180—184. Katowice.
- MIESZTAŃSKI A., PODEMSKI M. (1972b) — Złoże bituminów na Morzu Północnym. *Nafta*, nr 7, p. 326—330. Katowice.
- PODEMSKI M. (1970) — Szary spągowiec w okolicy Nowej Soli. *Kwart. geol.*, 14, p. 291—302, nr 3. Warszawa.
- PRZYBYŁOWICZ T. (1968) — O możliwości rozdzielenia czerwonego i białego spągowca w rejonie Ostrowa Wielkopolskiego na tle badań petrograficznych. *Acta geol. pol.*, 18, p. 801—813, nr 4. Warszawa.
- RUSSELL W. L. (1960) — Reservoirs and reservoir rocks. *Principles of petroleum geology*, p. 88—115. New York, Toronto, London.
- RYDZEWSKI A. (1969) — Petrografia łupków miedzionośnych cechsztynu na monoklinie przedsudeckiej. *Biul. Inst. Geol.*, 217, p. 113—159. Warszawa.
- SOKOŁOWSKI J. (1967) — Charakterystyka geologiczna i strukturalna obszaru przedsudeckiego. *Geologia sudetica*, 3, p. 297—367. Warszawa.
- VAN DER LAAN G. (1968) — Physical properties of the reservoir and volume of gas initially in place. *Symp. on the Groningen gas field*, p. 25—33. Delft.
- ПРЕДТЕЧЕНСКАЯ Н. С. (1970) — Особенности изменения пористости песчано-алевритовых пород палеогена Предкарпатского прогиба с глубиной. *Нов. Дан. по Геол. Нефтегаз. СССР*, № 5, стр. 36—39. Москва-Ленинград.
- ПРОШЛЯКОВ Б. К. (1960) — Зависимость коллекторских свойств от глубины залегания и литологического состава пород. *Геология нефти и газа*, № 12, стр. 24—29. Москва.
- ПРОШЛЯКОВ Б. К. (1969) — Новое в методике оценки коллекторских свойств терригенных пород. *Нефтегазовая Геология и Геофизика*, № 8, стр. 40—45. Москва.

Анджей МЕШТАЛЬСКИ

## НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРАСНОГО ЛЕЖНЯ ПРЕДСУДЕТСКОЙ МОНОКЛИНАЛИ

### Резюме

С целью уточнения критериев оценки газоносности серии красного лежня на Предсудетской моноклинали произведен детальный анализ всех доступных данных, определяющих физические свойства коллекторских горизонтов этих отложений.

Основой этих исследований явились результаты лабораторных измерений эффективной пористости и проницаемости, результаты промысловой геофизики, описания кернов и шлама, результаты петрографических исследований, а также дополнительные измерения эффективной пористости в кернах, проведенные акустическим методом.

Вышеперечисленные данные позволили выделить в пределах красного лежня Предсудетской моноклинали песчаную серию, мощностью от нескольких метров до свыше 400 м, залегающую в кровельной части разреза нижней перми. В статье она условно названа „подхештейновой песчаной серией красного лежня”. В этой серии, где сравнительно полно отобран керн, проведено достаточное количество анализов исследованных параметров. Они собраны, дополнены и детально проанализированы в сопоставлении с каротажными кривыми, а затем усреднены по каждой скважине. Усредненные величины эффективной пористости и проницаемости песчаной серии, ее мощности и глубина залегания представлены в таблицах и употреблены для составления диаграмм, в целях установления их взаимозависимости (фиг. 1—5).

Результаты, полученные из указанных диаграмм, вместе с составленной схемой изопакит и изотоп (фиг. 6) исследованной серии могут являться важным элементом при определении дальнейших направлений поисков углеводородов на описываемой территории.

Andrzej MIESZTAŁSKI

## SOME PHYSICAL PARAMETERS OF THE ROTLIEGENDES IN THE FORE-SUDETIC MONOCLINE

### Summary

In order to define the criteria of evaluating the gas content of the Rotliegendes series within the Fore-Sudetic monocline area accurately, a detailed analysis has been made of all available data that determine the physical properties of the reservoir horizons of the period. These investigations have been based on the results of laboratory measurements of effective porosity and permeability, the results of bore-hole geophysical surveys, the descriptions of drill cores and of drill cuttings, the results of petrographical examinations, and the complementary measurements of effective porosity, made using acoustic method on drill cores.

The above data allowed the author to distinguish, within the Rotliegendes formations of the Fore-Sudetic monocline, an arenaceous series ranging in thickness from several to more than 400 metres, regularly occurring at the top portion of the

Lower Permian deposits penetrated. In the present article this series is tentatively called "the Sub-Zechstein arenaceous series of Rotliegendes". Of this series, relatively well penetrated and with a high core recovery, a lot of parameters have been analysed. They have been gathered, completed, accurately analysed on the basis of logging data, and then averaged for each drilling. The average results of effective porosity and permeability of rocks of the Sub-Zechstein arenaceous series of Rotliegendes, as well as its thicknesses and occurrence depths are presented in Table 1. These data have been used for construction of diagrams in order to explain their relationships (Figs. 1—5).

The results obtained from the above diagrams can be, along with the isopachyte and isopor sketch of the series under examination (Fig. 6), an important element during determination of further directions in search for hydrocarbons within the area considered.