

**WYKORZYSTANIE METODY PS DO OKREŚLANIA MINERALIZACJI WÓD
ZŁOŻOWYCH W WAPIENIACH JURAJSKICH SYNKLINORIUM WARSZAWSKIEGO**

UKD 550.837.3:622.241:622.51:552.541.762:551.243.31(438.11)

otrzymamy: $Kps_H = Kps_{1000} + a(H - 1000)$ [7]

Tak więc została określona równaniem [7] wartość współczynnika Kps_H dla głębokości $H \geq 1000$ m w funkcji jednej zmiennej $Kps_H = f(H)$. Podstawiając równanie [7] do [1] otrzymamy:

$$EPS = - [Kps_{1000} + a(H - 1000)] \cdot \lg \frac{Rf}{Rw}$$
 [8]

Równanie [8] przedstawia wartość amplitudy EPS w funkcji logarytmu ilorazu oporności filtratu płuczki Rf i wody złożowej Rw oraz głębokości zalegania badanego poziomu H . W powyższych rozważaniach założono, że dla całego synklinorium warszawskiego wartość gradientu geotermicznego G jest stała i stąd temperatura poziomu t jest funkcją głębokości H — równanie [3]. Oznaczając:

$$\frac{-EPS}{\lg \frac{Rf}{Rw}} = y \dots \dots \dots$$
 [9]

$$H - 1000 = x, \dots \dots \dots$$
 [10]

$$Kps_{1000} = b \dots \dots \dots$$
 [11]

otrzymamy w zamian równania [8] równanie regresji liniowej:

$$y = ax + b \dots \dots \dots$$
 [12]

Korzystając z metody najmniejszych kwadratów, można zapisać równania normalne:

$$\sum_{i=1}^n y_i = a \cdot \sum_{i=1}^n x_i + n \cdot b \dots \dots \dots$$
 [13]

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i \dots \dots \dots$$
 [14]

Z układu równań [13] i [14] określono wzory dla obliczenia stałych a i b :

Analiza materiałów geofizyki wiertniczej z otworów wiertniczych w synklinorium warszawskim wykazuje (3), że węglanowe skały zbiornikowe jury górnej charakteryzują się wyraźnymi anomaliami na krzywych profilowania potencjałów polaryzacji naturalnej PS. Duża porowatość tych skał (średnio rzędu 15%) nasunęła przypuszczenie, że wielkości amplitud anomalii UPS powinny być związane głównie z potencjałami dyfuzyjnymi. Przyjmując za poziom zerowy linię marglii żółtych (otaczających skały zbiornikowe jury górnej), można określić wartości UPS, a następnie uwzględniając poprawkę na miąższość warstwy — określić wielkości zredukowanych amplitud EPS (oznaczenia wg J. Frydeckiego, 2).

Dysponując danymi z analiz chemicznych wód pobranych w wyniku opróbowań (mineralizacja Cw) podjęto próbę określenia korelacji pomiędzy mineralizacją, a danymi geofizycznymi. Zestawienie danych laboratoryjnych i geofizycznych przedstawia tabela.

Uwzględniając pomiary temperatury, w tabeli określono jednocześnie oporność wód złożowych (Rw) i filtratu płuczki (Rf). Według S. G. Komarowa (5):

$$EPS = Kpst \cdot \lg \frac{Rf}{Rw} \dots \dots \dots$$
 [1]

$$Kpst = Kps_{20} \cdot [1 + \gamma(t - 20)] \dots \dots \dots$$
 [2]

Ponieważ badane horyzonty zalegają poniżej 1000 m, to interesują nas temperatury $t > t_{1000}$ i stąd

$$t = t_{1000} + G(H - 1000) \dots \dots \dots$$
 [3]

Podstawiając wzór [3] do równania [2] otrzymamy dla danej głębokości H :

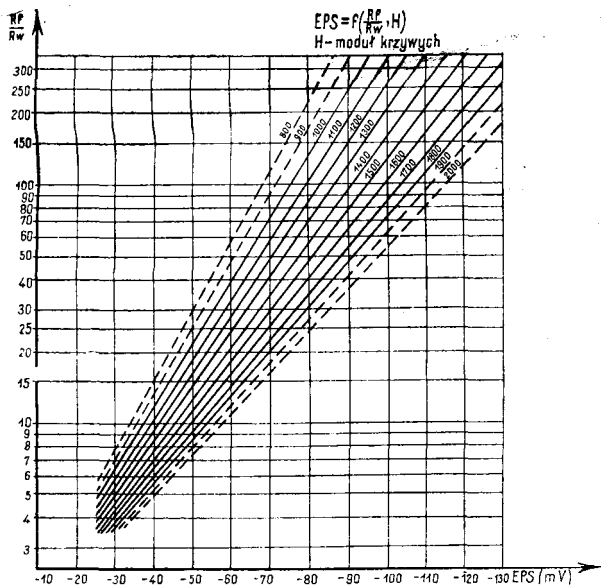
$$Kps_H = Kps_{20} [1 + \gamma(t_{1000} - 20)] + Kps_{20} \cdot \gamma \cdot G(H - 1000) \dots \dots \dots$$
 [4]

Oznaczając:

$$Kps_{20} [1 + \gamma(t_{1000} - 20)] = Kps_{1000} \dots \dots \dots$$
 [5]

oraz $Kps_{20} \cdot \gamma \cdot G = a \dots \dots \dots$ [6]

Lp.	Otwór	H (m)	Cw (g/l)	Rpl (omm)	Rw (omm)	Rf (omm)	-EPS (mV)
1	Płońsk 5	1750	26,7	4,8	0,18	4,0	125
2	Płońsk 5	1645	45,5	4,8	0,11	4,0	135
3	Nidzica IG 1	1125	29,5	5,8	0,19	5,0	118
4	Gostynin IG 1a	1245	45,9	3,4	0,12	2,6	100
5	Gostynin IG 1a	1040	25,4	3,0	0,20	2,2	75
6	Gostynin IG 4	1690	81,0	0,43	0,06	0,22	32
7	Gostynin IG 4	1685	80,5	0,43	0,06	0,22	32
8	Gostynin IG 4	1495	62,8	1,06	0,08	0,75	60
9	Gostynin IG 4	1480	38,3	1,06	0,12	0,75	25
10	Iwiczna IG 1	1430	28,9	0,8	0,16	0,5	25
11	Płońsk IG 2a	1490	12,4	1,4	0,34	1,05	39



Nomogram do interpretacji oporności wody złożowej R_w w oparciu o dane profilowania PS.

Nomogram for interpretation of resistivity.

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i - n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2} \dots [15']$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2} \dots [15'']$$

otrzymano: $n = 11$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 515,8 \quad \sum_{i=1}^n x_i = 5076$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = 2902906 \quad \sum_{i=1}^n x_i y_i = 249364,7$$

$$a = 0,02$$

$$b = Kps_{1000} = 38$$

A więc równanie [8] można zapisać w postaci:

$$EPS = -[38 + 0,02(H - 1000)] \lg \frac{R_f}{R_w} \quad [16]$$

Graficzne odwzorowanie wyprowadzonego wzoru [16] przedstawia rycina stanowiąca nomogram do interpretacji oporności, a więc i mineralizacji wód złożowych, w oparciu o dane PS. Moduł krzywych stanowi głębokość badanego poziomu H . Tak więc, dysponując: wartością amplitudy EPS (wg danych PS), wartością oporności filtratu płuczki R_f (wg danych POP) oraz znając głębokość H zalegania badanego poziomu bezpośrednio z nomogramu (ryc.) określa się wartość stosunku R_f/R_w , a stąd — R_w .

Korzystając ze znanych nomogramów Wendel-szejna (7) czy „Krzywych interpretacyjnych” Schlumbergera (6) proste jest określenie mineralizacji wody złożowej, nasycającej pory badanego poziomu. Zastrzec należy, że podana metodyka — tj. określenie stałych „ a ” i „ Kps_{1000} ” — dotyczy jedynie wapieni

jurajskich synklinorium w rzeszawskie o i że amplitudy EPS należy odnosić do linii margli, otaczających wapienie jury górnej. W innych warunkach i dla innych poziomów nie sprawdzono tej metodyki i ze względu na ograniczoną formę rozważań w postaci korelacji podwójnej (zamiast wielorakiej), uwzględniła ona szereg czynników czysto regionalnych w formie utajonej, które przy przejściu w inny region i do innego typu litostratygraficznego osadów mogą ulec zmianom.

Istotne jest określenie wiarygodności uzyskanego wyniku. W oparciu o zasady statystyki matematycznej (1) określono:

- odchylenie standardowe x — $\sigma_x = 226$
- odchylenie standardowe y — $\sigma_y = 10$
- współczynnik korelacji podwójnej r — $r = 0,5$
- błąd w określeniu r — $\sigma_r = 0,26$
- wartość $\frac{|r|}{\sigma_r} = 1,9$

Porównując ostatnią wartość z tablicami całki prawdopodobieństwa stwierdzono, że związek został określony z prawdopodobieństwem większym niż 0,9 i korelacja nie może być tłumaczona wpływami przypadkowymi.

W uwagach końcowych na podkreślenie zasługujące następujące fakty:

- stwierdzono istnienie korelacji pomiędzy wartościami anomalii EPS (wg PS) a mineralizacją C_w (opornością R_w) wody złożowej, dla węglanowych osadów jurajskich w synklinorium warszawskim:
- określono związek funkcyjny (wzór 16), na podstawie zasad statystyki matematycznej, wiążącej

$$EPS = f\left(H, \lg \frac{R_f}{R_w}\right)$$

— stwierdzono prawdopodobieństwo określonego związku [16] $\varphi > 0,9$;

— opracowano nomogram do interpretacji $R_w = f(EPS, R_f, H)$ ryc.

Znaleziony współczynnik korelacji $r = 0,5$, jakkolwiek wystarcza, by stwierdzić istnienie korelacji, to jednak zdaniem autora jest zbyt mały, by badania tej funkcji już zakończyć. Niewielka ilość obserwacji ($n = 11$) na pewno przyczynia się do osłabienia związku. Dlatego też, prace nad stwierdzoną korelacją trzeba nadal kontynuować, a do czasu opracowania lepszego związku funkcyjnego, przy większej ilości obserwacji, poleca się do stosowania powyższy nomogram (ryc.).

Podkreślić należy również, że prócz zasygnalizowanego opracowania, istnieją już następujące opracowania regionalne, wiążące parametry geofizyczne z geologicznymi w oparciu o materiał faktyczny z badań rdzeni wiertniczych:

— określenie porowatości Φ piaskowca cenomańskiego w synklinorium miechowskim (8);

— określenie porowatości Φ wapieni jurajskich w synklinorium warszawskim (4).

Sprowadzają one znane teoretyczne związki i zależności do warunków regionalnych, panujących w Polsce i w efekcie pozwalają na bardziej prawidłowe wykorzystanie materiałów geofizyki wiertniczej.

LITERATURA

1. Dortman N. B., Ozierskiej M. Ł. i in. — Metodycznoje rukowodstwo po opriedieleniju fiziceskich swojstw gornych porod i poleznych iskopajemych. Gostgeotiechizdat. Moskwa, 1962.
2. Frydecki J. — Oznaczenia w geofizyce wiertniczej. Prz. geol. 1968, nr 8.
3. Frydecki J. — Charakterystyka geofizyczna skał zbiornikowych synklinorium warszawskiego. Inst. Geol. Warszawa, 1968.
4. Frydecki J. — Wykorzystanie metody PNG do określania porowatości wapieni jurajskich synklinorium warszawskiego. Geofizyka i Geologia Naftowa (praca w druku).
5. Komarow S. G. i in. — Sprawozdanie geofizika, t. III. Geostoptiechizdat. Moskwa, 1961.

6. Krzywe interpretacyjne firmy Schlumberger Well Surveying Corporation — tłum. polskie, wyd. Geofizyka i Geologia Naftowa, 1966.
7. Wendelsztejn B. Ju. — Albom nomogramm i paletok dla interpretacji danych geofizycznych metodami badania skważyn. Gosoptiechizdat, Moskwa, 1963.

SUMMARY

A correlation between the EPS (or PS) values and Cw mineralization (resistivity R_w) of depositional waters in carbonate deposits of Jurassic formations has been ascertained on the basis of the results of a regional analysis of geophysical materials from the bore holes made in the Warszawa synclinorium, and on those obtained from the laboratory research of the depositional waters.

Regressive analysis of the materials collected has been made, reducing the multiple correlation to binary one. A function $EPS = f(H, R_f, R_w)$ has been obtained in the form of an equation of linear regression, and the functional relation between these parameters has been determined on the basis of mathematical statistics. It has also been ascertained that the probability of this relation exceeds 0,9. A nomogram has been elaborated for interpreting the PS results to determine the resistivity, thus also the mineralization of depositional waters that saturate the Jurassic limestones in the Warszawa synclinorium area.

8. Wesołowska M. — Analiza statystyczna, związku pomiędzy współczynnikiem porowatości i parametrem porowatości dla piaskowca cenomańskiego. Geofizyka i Geologia Naftowa 1967, nr 11—12.

РЕЗЮМЕ

В итоге регионального анализа материалов промысловой геофизики по буровым скважинам, пройденным на площади Варшавского синклинория, а также данных лабораторного исследования подземных вод, опробованных в этих скважинах, была выявлена зависимость между величинами EPS (по PS) и минерализацией C_w (сопротивлением R_w) подземных вод в юрских карбонатных породах этого региона.

Был проведен регрессивный анализ данных с приведением множественной корреляции к двойной корреляции. Получена функция $EPS = f(H, R_f, R_w)$ в виде уравнения линейной регрессии. Функционное соотношение между параметрами определено по принципам математической статистики. Констатировано, что вероятность этого соотношения превышает 0,9. Составлена номограмма интерпретации результатов PS с целью определения сопротивлений, а следовательно и минерализации подземных вод в юрских карбонатных породах Варшавского синклинория.