

MAREK JUSZCZAK

Wydz. Ochr. Środ. Gosp. Wod. i Geologii Urz. Woj. w Nowym Sączu

## WYNIKI ZASTOSOWANIA METODY ODEJMOWANIA PÓL PRZY POSZUKIWANIU SZYBIKÓW POEKSPLOATACYJNYCH

UKD 550.837.312:622.271(438.23)

Podstawowymi czynnikami determinującymi dokładne rozpoznanie budowy geologicznej w badaniach elektrooporowych są: a) duża dokładność aparatury pomiarowej, b) duża rozdzielczość metodyki pomiarowej.

W związku z powyższym w ostatnich latach oprócz wprowadzania coraz to dokładniejszej aparatury geofizycznej prowadzi się badania nad ulepszaniem metod pomiarowych. Jedną z takich metod, która jest z powodzeniem stosowana w sondowaniach elektrooporowych dla potrzeb hydrogeologii i geologii inżynierskiej jest metoda odejmowania pól.

Pozytywne rezultaty uzyskane przy zastosowaniu metody odejmowania pól w sondowaniach elektrooporowych (1) skłoniły autora do zastosowania jej w profilowaniach elektrooporowych. Metodę odejmowania pól zastosowano podczas lokalizacji szybików poeksploatacyjnych na Górnym Śląsku.

### Opis matematyczny metody (2)

Podstawa teoretyczna metody odejmowania pól opracowana została przez A.A. Petrowskiego, który zdefiniował

oporność  $\rho_T$  wg następującego wzoru:

$$\rho_T = \frac{dlo}{d\left(\frac{lo}{\rho_k}\right)} \quad [1]$$

gdzie:

$\rho_T$  – oporność zdefiniowana wg wzoru Petrowskiego,  
 $l_0$  – połowa średniej odległości elektrod zasilających,  
 $\rho_k$  – oporność pozorna.

Powyższy wzór został zmodyfikowany (2) do postaci:

$$\rho_T = \frac{l_2 - l_1}{\frac{l_2}{\rho_{k2}} - \frac{l_1}{\rho_{k1}}} \quad [2]$$

gdzie:

1)  $l_1 = \frac{A_1 B_1}{2}$

2)  $l_2 = \frac{A_2 B_2}{2}$

3)  $\rho_{k1}$  – oporność pozorna  $\rho_k$  w układzie  $l_1$ ,

4)  $\rho_{k2}$  – oporność pozorna  $\rho_k$  w układzie  $l_2$

$$\rho_{k1} = k_1 \frac{\Delta V_1}{I_1} \quad [3]$$

$$\rho_{k2} = k_2 \frac{\Delta V_2}{I_2}$$

gdzie:

$k_1, k_2$  – współczynnik układu pomiarowego  $l_1$  i  $l_2$ ,  
 $\Delta V_1, \Delta V_2$  – różnica potencjału w układzie  $l_1$  i  $l_2$ ,  
 $I_1, I_2$  – natężenie prądu w układach  $l_1$  i  $l_2$ .

Po zastosowaniu do wzoru [2] wzoru [3] otrzymujemy:

$$\rho_T = \frac{(l_2 - l_1) \cdot k_1 \Delta V_1 \cdot \Delta V_2}{I_2 \cdot \frac{k_1 \cdot l_2}{k_2 \cdot l_1} \Delta V_1 - I_1 \Delta V_2} \quad [4]$$

Przyjmując:

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{k_2 \cdot l_1}{k_1 \cdot l_2} \text{ otrzymujemy}$$

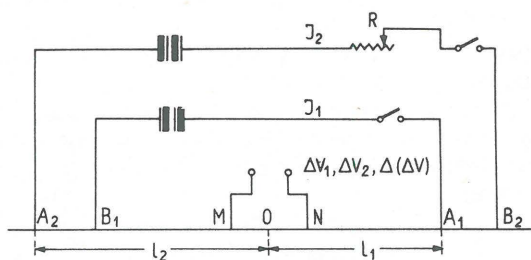
$$\rho_T = \frac{(l_2 - l_1) \cdot k_1 \Delta V_1 \cdot \Delta V_2}{I_1 (\Delta V_1 - \Delta V_2)} \quad [5]$$

Przyjmując

$$\frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot k_1 = K_T \text{ – współczynnik układu,}$$

$$\Delta V_1 - \Delta V_2 = \Delta(\Delta V) \text{ otrzymujemy}$$

$$\rho_T = \frac{K_T \Delta V_1 \cdot \Delta V_2}{I_1 \Delta(\Delta V)} \quad [6]$$



Ryc. 1. Układ pomiarowy Petrowskiego

Fig. 1. Petrowski measurement system

Powyższy wzór jest podstawowym wzorem w metodzie odejmowania pól. Krzywe  $\rho_T$  zwane są krzywymi dyferencjalnymi i przedstawiają zależność oporu mierzonego układem Petrowskiego (ryc. 1) od wartości średniej  $l_0 = (l_1 + l_2)2$ .

### Metodyka pomiaru w układzie Petrowskiego.

Pomiar wartości  $\rho_T$  wykonuje się w układzie pomiarowym Petrowskiego (ryc. 1). Powyższy układ pomiarowy składa się z dwóch układów  $A_1 B_1$  oraz  $A_2 B_2$ , gdzie:

$$\frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} \approx 1,2 - 1,5 \text{ a } \frac{l_1}{MN} > 3 \quad [2]$$

Sposób wykonywania pomiarów jest następujący:

a) w pierwszej kolejności wykonuje się pomiar  $\Delta V_1$  w układzie  $A_1 B_1$  przy przepływie prądu o natężeniu  $I_1$ ,

b) po wykonaniu pomiaru w pkt. a wykonuje się pomiar  $\Delta V_2$  w układzie  $A_2 B_2$  przy przepływie prądu o wartości natężenia  $I_2 = I_1 \cdot \frac{k_2 l_1}{k_1 l_2}$  i kierunku przepływu prądu  $I_2$  przeciwnym do  $I_1$ .

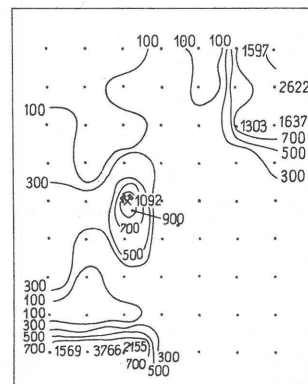
c) następnie wykonuje się pomiar  $\Delta(\Delta V)$  przy równoczesnym przepływie prądu w układzie  $A_1 B_1 - I_1$  oraz  $A_2 B_2 - I_2$ . Przy czym kierunki przepływu prądu są przeciwne, a wartości  $I_2$  oblicza się jak w pkt. b.

### Zastosowanie metody odejmowania pól w profilowaniach elektrooporowych

Metodę odejmowania pól autor zastosował w układzie pomiarowym-symetrycznym oraz w układzie pomiarowym środkowego gradientu.

ad a) Profilowanie elektrooporowe metodą odejmowania pól w układzie pomiarowym-symetrycznym polega na podzieleniu całego obszaru na profile pomiarowe równoległe do siebie. W czasie pomiaru cały układ pomiarowy ulega przemieszczeniu. Wartość współczynnika  $K_T = \frac{k_2 l_1}{k_1 l_2}$ ,

jest stała. Wartość  $I_2 = K_T I_1$ . Wyniki pomiarów wpisują się do następującej karty pomiarowej.



Ryc. 2. Rozkład oporności  $\rho_T$  nad szybkim – profilowanie układem Petrowskiego symetrycznym

✕ – przypuszczalna lokalizacja szybiku

Fig. 2. Distribution of resistivity  $\rho_T$  above shaft – logging made with the use of symmetrical Petrowski system

✕ – inferred location of the shaft

## KARTA POMIAROWA

Data pomiaru: Parametry układu Współczynniki  
 Nazwa obiektu:  $l_1 = \dots\dots\dots$   $k_1 = \dots\dots\dots$   
 Obserwator:  $l_2 = \dots\dots\dots$   $k_2 = \dots\dots\dots$   
 $MN = \dots\dots\dots$   $K_T = \dots\dots\dots$   
 $K_T = \dots\dots\dots$

Nr profilu	Nr punktu	$I_1$	$I_2 = K_T I_1$	$\Delta V_1$	$\Delta V_2$	$\Delta(\Delta V)$	$\rho_T = K_T \frac{\Delta V_2 \Delta V_1}{I_1 \Delta(\Delta V)}$
1	2	3	4	5	6	7	8

ad b) W czasie wykonywania badań metodą odejmowania pól w układzie pomiarowym środkowego gradientu obszar badań należy podzielić na kwadraty pomiarowe. W środku kwadratu pomiarowego umieszcza się układ pomiarowy. Linie  $A_1 B_1$  i  $A_2 B_2$  umieszcza się równoległe do profilów pomiarowych. W czasie wykonywania pomiarów układ pomiarowy nie ulega przemieszczeniu. Przemieszczeniu ulegają wyłącznie elektrody pomiarowe MN. Przed przystąpieniem do pomiarów należy dla każdego punktu pomiarowego obliczyć współczynnik  $K_T = \frac{k_2 l_1}{k_1 l_2}$ . Współczynnik ten jest funkcją współczynników  $k_1$  i  $k_2$ . Wyniki zapisujemy w poniższej karcie pomiarowej.

## KARTA POMIAROWA

Nr kwadratu ..... Parametry układu  
 Data pomiaru .....  $l_1 = \dots\dots\dots$   
 Nazwa obiektu .....  $l_2 = \dots\dots\dots$   
 $MN = \dots\dots\dots$

Nr profilu	Nr pkt.	$k_1$	$k_2$	$K_T$	$I_1$	$I_2$	$\Delta V_1$	$\Delta V_2$	$\Delta(\Delta V)$	$K_T$	$\rho_T$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

gdzie:

$$K_T = \frac{k_2 l_1}{l_2 k_1}, \quad I_2 = K_T I_1, \quad K_T = \frac{l_2 - l_1}{l_1} k_1,$$

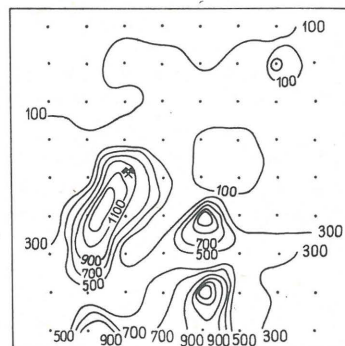
$$\rho_T = K_T \frac{\Delta V_1 \Delta V_2}{\Delta(\Delta V) \cdot I_1}$$

### Praktyczne zastosowanie metody

Metoda odejmowania pól w profilowaniach elektrooporowych została zastosowana przy lokalizacji szybików poeksploatacyjnych na terenie Górnego Śląska. Do pomiarów zastosowano dwa aparaty PKE-08 sprzężone ze sobą specjalnie do tego celu skonstruowanym urządzeniem. Przybliżoną lokalizacją szybików określono na podstawie starych map górniczych oraz wywiadu z miejscową ludnością. Wielkość rozstawu  $A_1 B_1 = 22$  m,  $A_2 B_2 = 30$  m. Krok pomiarowy wynosił 2 m. Na ryc. 2 przedstawiono rozkład oporności  $\rho_T$  nad szybikiem pomierzonej metodą odejmowania pól układem symetrycznym. Rozkład anomalii skoncentrowany jest wokół przypuszczalnego po-

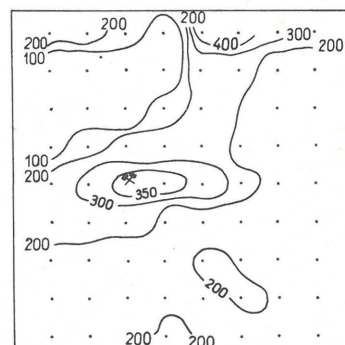
łożenia szybiku. Maksymalna wartość anomalii wynosi 1092  $\Omega$ m.

Przedstawiony na ryc. 4 rozkład oporności pomierzonej metodą odejmowania pól w układzie pomiarowym środkowego gradientu skoncentrowany jest także wokół przypuszczalnego położenia szybiku. Anomalia ta jest jednak przesunięta w kierunku SW, a największa wartość wynosi 1250  $\Omega$ m. Oprócz tej anomalii występują także dwie anomalie generowane przez nieznanne źródła.



Ryc. 3. Rozkład oporności  $\rho_T$  nad szybikiem, profilowanie układem Petrowskiego metodą środkowego gradientu

Fig. 3. Distribution of resistivity  $\rho_T$  above shaft – logging made with the use of the Petrowski system by the medial gradient method



Ryc. 4. Rozkład oporności  $\rho_T$  nad szybikiem, profilowanie metodą środkowego gradientu

Fig. 4. Distribution of resistivity  $\rho_T$  above shaft – logging by the medial gradient method



Dla porównania na ryc. 4 podano rozkład oporności pozornej wykonanej tradycyjną metodą środkowego gradientu. Jak wynika z przedstawionych danych rozkłady anomalii skoncentrowane są wokół przypuszczalnego położenia szybiku. Istnieją jednak nieznaczne przesunięcia, które mogą być wynikiem błędów pomiarowych i błędów metodyki pomiarowej.

## WNIOSKI

Zastosowanie metody odejmowania pól w profilowaniach elektrooporowych w znacznym stopniu zwiększy dokładność rozpoznania górotworu. W szczególności należy oczekiwać pozytywnych rezultatów przy poszukiwaniu struktur płytkich, gdzie różnica oporności z otoczeniem jest zbyt mała, aby można było oczekiwać pozytywnych wyników przy stosowaniu „konwencjonalnych” metod.

Mimo otrzymania pierwszych pozytywnych rezultatów metoda ta wymaga jeszcze dodatkowych studiów. Badania powinny być prowadzone w terenie w powiązaniu z innymi metodami. Niezbędne jest także skonstruowanie specjalnego urządzenia pomiarowego. Zastosowanie dwu aparatów PKE-08 sprzężonych specjalnym urządzeniem jest w praktyce uciążliwe. Skonstruowanie takiego urządzenia nie jest technicznie trudne. Metoda odejmowania pól powinna być stosowana w praktyce.

## LITERATURA

1. Stenzel P. — Zastosowanie metody odejmowania pól do badań geoelektrycznych wykonywanych dla geologii inżynierskiej i hydrogeologii. Prz. Geol. 1969 nr 1.
2. Stenzel P., Szymanko J. — Metody geofizyczne w badaniach hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich. Wyd. Geol. 1973.

## S U M M A R Y

The paper presents results of use of the field subtraction method in electrical resistivity profiling. I decided to use this method in the profiling taking into account positive results of its application in electrical resistivity soundings.

The method has been applied to locate ancient post-exploitation shafts in the Upper Silesia. The measurements were made using two measurement systems: a) symmetrical, and b) medial gradient. The obtained results show possibilities of practical use of the method. However, further theoretical and practical studies on the method appear necessary, similarly as construction of special measuring apparatuses.

## Р Е З Ю М Е

В статье представлены результаты применения метода вычитания полей в электроопрном каротаже. Автор применил этот метод в электроопрном каротаже из-за получения положительных результатов применения вычитания полей в электроопрных зондированиях. Метод вычитания полей был применён при определении размещения старых послеэксплуатационных шурфов в Верхней Силезии. Измерения проводились двумя измерительными системами: 1) симметрической системой, 2) системой срединного градиента. Полученные результаты указывают на возможность практического применения этого метода, однако его надо подвергнуть дальнейшим теоретическим и практическим исследованиям. Необходимо также сконструирование специальной измерительной аппаратуры.