

RYSZARD GIZA

Dyrekcja Okręgowa Dróg Publ. w Lublinie

MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA METODY ELEKTROOPOROWEJ DO POSZUKIWANIA I ROZPOZNAWANIA ZŁOŻ KRUSZYWA NATURALNEGO

UKD 550.837.31.014:553.623:551.79(438-11) okręg lubelski)

Geologiczne prace poszukiwawcze złóż grubego kruszywa naturalnego w okręgu lubelskim prowadzone są od wielu lat zarówno przez specjalistyczne przedsiębiorstwa geologiczne, jak i przez komórki geologiczne Lubelskiego Przedsiębiorstwa Produkcji Kruszywa oraz Dyrekcji Okręgowej Dróg Publicznych w Lublinie.

Analizując dotychczasowe wyniki tych prac stwierdzić należy, że w ostatnich latach nie udało się znaleźć i udokumentować złóż, które spełniałoby całkowicie wymogi określone w obowiązujących aktualnie kryteriach bilansowości złóż kruszywa naturalnego (złóż „Woskrzenice” posiada bardzo gruby nadkład i jest silnie zapiaszczone). Poza innymi przyczynami niepowodzenia w zakresie poszukiwań należy wiązać również ze stosowaną metodyką. Ponieważ złóża w okręgu lubelskim są przeważnie silnie zapiaszczone (średnia zawartość ziarn o $\varnothing$ mniejszym od 2,5 mm wynosi około 70%), wyżej wymienione kryteria bilansowości „wymagają”, aby minimalne zasoby złóża wynosiły około 900–1000 tys. t.

Przedsiębiorstwa geologiczne mające na celu znalezienie złóż co najmniej o wymienionych minimalnych zasobach stosują odległości między otworami poszukiwawczymi, przekraczające na ogół 500 m — na obszarach, które na podstawie istniejących materiałów geologicznych uznano za perspektywiczne. Jest to jedna z przyczyn pomijania w czasie poszukiwań nie tylko złóż małych, ale również złóż o zasobach znajdujących się w pobliżu granicy bilansowości.

Praktyka poszukiwawcza komórek geologicznych LPPK i DODP w Lublinie wykazuje, że odkrywane co pewien czas złóża pospółek są na ogół mało zasobne (ok. 100–500 tys. m³), zamaskowane innymi rodzajami osadów i nie posiadają wyraźnego odzwierciedlenia morfologicznego. Znalezienie małych złóż jest łatwiejsze (jest ich więcej niż złóż bilansowych), ale i trudniejsze (wymagają znacznego zagęszczenia siatki poszukiwawczej, np. dla nawiercenia złóża o zasobach ok. 200 000 m³ o średniej miąższości ok. 5 m należałoby zastosować odległość między otworami równą $d = \sqrt{200\,000:5} = 200$ m, przy założeniu, że powierzchnia złóża jest kwadratem). Jeżeli weźmiemy pod uwagę, iż małe złóża grubego kruszywa naturalnego mają najczęściej formę wydłużonych soczewek (strefa czołowomorenowa lub akumulacji wodnolodowcowej), to odległość między otworami powinno wynosić około 100 m lub nawet 50 m (gdybyśmy chcieli nawiercić złóża dwoma otworami).

Poszukiwanie zagęszczoną siatką na uprzednio wytypowanych obszarach perspektywicznych prowadzone jest od pewnego czasu przez komórkę geologiczną Lubelskiego Przedsiębiorstwa Produkcji Kruszywa. W wyniku tych prac udaje się co pewien czas odkryć i udokumentować złóża o niewielkich zasobach (np. złóża Aleksandrówka, Czemierniki). Ostatnio stosując tę metodykę odkryto złóż „Bubel Stary” o zasobach ok. 3 mln t w obszarze, który na podstawie prac prowadzonych przez PG — Kielce został uznany za negatywny.

Niemniej jednak należy wyraźnie stwierdzić, że prace poszukiwawcze prowadzone w wyżej wymieniony sposób są kosztowne, długotrwałe i w 70% negatywne, gdyż obszary perspektywiczne wytypowane na podstawie przypowierzchniowych przesłanek geologicznych okazują się całkowicie negatywne po ich głębszym rozpoznaniu. Mając na względzie przyspieszenie procesu poszukiwania oraz zwiększenie stopnia rozpoznania już odkrytych złóż autor na początku 1973 r. opracował metodykę elektrooporowego poszukiwania i elektrooporowo-wiertniczego rozpoznawania złóż kruszywa naturalnego w utworach czwartorzędowych obszaru lubelskiego. W drugiej połowie 1973 r. wykonano prace doświadczalne mające na celu sprawdzenie metodyki oraz uzyskanie konkretnego materiału pomiarowego umożliwiającego dokładniejsze spreycyzowanie zależności między opornością właściwą a litologią różnego rodzaju osadów czwartorzędowych. Pomiary terenowe wykonywano za pomocą kompensatora PKE-7 produkcji PPG.

METODYKA POMIARÓW TERENOWYCH

Szczegółowy opis stosowanej metodyki pomiarów terenowych wykracza poza ramy tego artykułu i nie jest najistotniejszy w poszerzaniu problemu. Uwzględniając obowiązujące obecnie górniczo-geologiczne kryteria bilansowości dotyczące maksymalnej grubości nadkładu (ok. 5 m), wskaźnika nadkładu (ok. 1,0) oraz minimalnej miąższości złóża (2,5 m) zdecydowano się na prowadzenie poszukiwań dwupoziomowym profilowaniem o takiej geometrii układów pomiarowych, z których „płytszy” umożliwiał penetrowanie osadu do głębokości ok. 5 m, „głębszy” do głębokości ok. 10 m.

Geometrię kolejnych układów do pionowych sondowań rozpoznawczych opracowano tak, aby umożliwiała szczegółową penetrację osadów do głębokości ok. 50 m. Podczas wykonywania terenowych prac doświadczalnych maksymalny rozstaw elektrod zasilających wynosił tylko 100 m, umożliwiało to penetrację osadów piaszczysto-żwirowych do głębokości ok. 20 m ppt. Odległość między punktami pomiarowymi przy wykonywaniu profilowania (krok profilowania) wynosiła 50 m, natomiast między profilami 50–100 m i często była dostosowana do istniejących sytuacji w terenie (drogi, dukty, miedze). Większość pionowych sondowań elektrycznych (PSE) zlokalizowano na złóżach eksploatowanych. Profilowanie elektrooporowe oprócz celu doświadczalnego miało również za zadanie poszukiwanie złóż pospółki.

INTERPRETACJA GEOFIZYCZNA I WYNIKI PRAC DOŚWIADCZALNYCH

W ramach prac doświadczalnych wykonano 7 pionowych sondowań elektrycznych, cztery krótkie profile (1700 m dwupoziomowego profilowania) oraz dokonano wielu bezpośrednich pomiarów oporności właściwej osadów w miejscach specjalnie wybranych do tego celu. W czasie prac kameralnych sporządzono profile elektrooporowe, mapy oporności, krzywe PSE.

Tabela I

Lp.	Lokalizacja	Nr warstwy	Mięszczość w m	Oporność w omm	Litologia wg pobliskiego wiercenia
1	Anusin k. Siemiatycz	I II III	1,3 15,5	600 1400 1500	piasek pylasty pospółka pospółka
2	Woskrzeniec k. Białej Podlaskiej	I II III IV	0,6 4,6 4,1	5700 1000 4000 160	piasek kwarcowy + kamienie piasek drobny pospółka + kamienie pospółka zawod.
3	Kołodziej k. Stoczka Łukowskiego	I II III IV	0,3 0,8 0,6 15,8	600 3000 425 517	gleba piaszczysta pospółka piasek gliniasty piasek pylasty
4	Zabiele k. Stoczka Łukowskiego	I II III	0,6 5,4	2000 700 3500	piasek bardzo suchy piasek gruby pospółka
5	Okniny k. Łukowa	I II III	0,8 20,0	900 200 67	pospółka wilgotna pospółka zawod. głina zwięzła
6	Międzyrzec Podlaski	I II III IV	0,8 3,8 13,8	850 94 330 12	piasek głina pospółka zawod. il
7	Trzcianki k. Puław	I III IV	0,3 5,5	215 860 54	pospółka mokra pospółka wilgotna głina

Tabela II

Lp.	Odległość od początku profilu w m	Średnia oporność pozorna omm	Litologia wg wiercenia
1	Krzywa K ₁ — głębokość penetracji około 5 m 0,0—1,0 1,0—3,0 3,0—4,0	300 700 50	piasek gliniasty + głina piaszczysta piasek pylasty głina zwięzła
2	Krzywa K ₂ — głębokość penetracji około 10 m 0,0—1,0 1,0—3,0 3,0—4,0	250 1000 50	piasek gliniasty + głina piaszczysta piasek pylasty z domieszką żwiru głina zwięzła

Interpretację ilościową krzywych PSE przeprowadzono za pomocą zestawów teoretycznych krzywych (paletki) trójwarstwowych lub nomogramów zbiorczych. W wyniku interpretacji uzyskanych krzywych PSE wydzielono warstwy o wartościach parametrów zestawionych w tab. I. Wyniki dwupoziomowego profilowania można najlepiej zilustrować na przykładzie profilu wykonanego w Wólce Poznańskiej k. Stoczka Łukowskiego, gdzie uzyskane krzywe pozornej oporności właściwej bardzo dobrze odzwierciedlają zróżnicowanie litologii wzdłuż profilu poszukiwawczego (zestawiono je w tab. II).

Jak wynika z tab. I pospółki lodowcowe suche i czyste charakteryzują się wysokimi opornościami, przekraczającymi na ogół 1500 omm. Odstępstwa od tej zasady w przypadku pomiarów w Trzciankach wynikały z tego, że pomiar wykonywany był w całkowicie innych warunkach niż we wszystkich pozostałych przypadkach, tzn. prawie natychmiast po zakończeniu długotrwałych opadów atmosferycznych, które w połączeniu ze stosunkowo dużą zawartością we

frakcjach żwirowych i kamienistych margla kredowego, wpłynęły obniżająco na oporność właściwą zalegającej w złożu pospółki kamienistej. Niezależnie od działania wyżej wymienionych czynników zakłócających za pomocą PSE wydzielono na złożu „Trzcianki” spąg serii złożowej, czego nie można było dokonać wierceniami ze względu na dużą zawartość glazów i kamieni.

Lodowcowe pospółki zawodnione charakteryzują się stosunkowo niskimi opornościami właściwymi, w przypadku naszych badań ich oporność właściwa zawierała się w granicach 160—330 omm.

INTERPRETACJA GEOLOGICZNA WYNIKÓW PRAC ELEKTROOPOROWYCH

Prawidłowa interpretacja geologiczna wyników prac elektrooporowych jest najtrudniejszym zagadnieniem zastosowania metody elektrooporowej do poszukiwania i rozpoznawania złóż kruszywa naturalnego. Trudności te wynikają przede wszystkim z tego, że osady litologiczne do siebie zbliżone (np. piaski

i pospółki) nie mają zdecydowanego zróżnicowania tych własności, które wpływają na wartość ich oporności właściwej. Spośród różnych parametrów największy wpływ na oporność właściwą osadów niezwiązanych (spoiwystych i sypkich) mają następujące:

- skład granulometryczny,
- skład mineralno-petrograficzny podstawowych frakcji ziarnowych,
- wilgotność naturalna,
- mineralizacja wody złożowej,
- porowatość osadu itd.

Niektóre z wymienionych parametrów są wzajemnie ze sobą powiązane — stwarza to szansę teoretycznego określenia zależności oporności właściwej od kilku najistotniejszych cech osadów. W czasie interpretacji geologicznej nie dysponowano materiałami, które umożliwiłyby szczegółowe określenie wpływu tych parametrów na wartość oporności właściwej, dlatego podczas określania litologii warstw wydzielonych za pomocą PSE oraz oceny charakteru osadów zalegających wzdłuż profili elektrooporowych, opierano się głównie na wynikach bezpośrednich pomiarów oporności właściwej różnych osadów czwartorzędowych. Z uzyskanych danych wynika, że podczas oceny perspektywiczności terenu można przyjąć następujące założenia:

- a) jeżeli 500 omm — teren jest negatywny,
- b) jeżeli 500 do 1500 omm — niejednoznaczny,
- c) jeżeli ponad 1500 omm — perspektywiczny.

Oczywiście założenia te można stosować jedynie w tych rejonach, gdzie poziom wody gruntowej zalega znacznie głębiej od teoretycznej głębokości penetracji danego układu pomiarowego (przed przystąpieniem do prac terenowych należy zebrać materiały dotyczące stosunków hydrogeologicznych, w czasie pomiarów należy badać poziom wody gruntowej w okolicznych studniach). Jeżeli poziom wody gruntowej występuje płytko (strefa akumulacji przyłodowowej), to wówczas założenie wyszczególnione w punkcie „a” jest nieprawdziwe, gdyż w interwale oporności mniejszych od 500 omm mogą wystąpić pospółki i żwiry zawodnione, charakteryzujące się najczęściej opornością właściwą ok. 150—350 omm. W takich terenach do obszarów perspektywicznych zaliczono te, gdzie stwierdzono występowanie warstw charakteryzujących się opornościami 150—350 omm — wyniki badań sprawdzono za pomocą kilku wierceń kontrolnych.

Rezultaty dotychczasowych badań wskazują, że niezawodnione piaski czyste charakteryzują się najczęściej opornościami w granicach 800—1500 omm, a pospółki czyste — opornościami większymi do 1500 omm.

SUMMARY

Difficulties encountered in search for natural aggregate deposits in the Lublin district are discussed. It is proposed to use electric resistance method in the search. The tests made with the use of this method, the methodology and results obtained are discussed. The results are presented in the form of tables of apparent resistance values of various lithological types of the studied Quaternary deposits. There are distinguished apparent resistance intervals which suggest that the studied areas are perspective or not. It appears possible to identify lithological types of Quaternary deposits and the degree of their saturation with water by interpreting electric resistance data. Several methodological suggestions are made.

WNIOSKI

Podsumowując całość uzyskanych wyników można stwierdzić:

1. Za pomocą profilowania elektrooporowego o prawidłowej geometrii układów pomiarowych można w obrębie terenu poszukiwać wydzielić obszary występowania suchych utworów piaszczystych lub piaszczysto-żwirowych.

2. Pionowymi sondowaniami elektrycznymi PSE można rozdzielić serie piaszczyste lub piaszczysto-żwirowe zależnie od zanieczyszczeń pylasto-ilastych, a w przypadku jednakowych i niewielkich ilości tych zanieczyszczeń można rozdzielić serie piaszczysto-żwirowe zależnie od stopnia ich zapiaszczenia.

3. Prawidłowa interpretacja ilościowa krzywych PSE umożliwia wydzielenie warstw różnych pod względem składu granulometrycznego, określenie ich miąższości oraz rodzaju lub charakteru osadu, z którego są zbudowane. Umożliwia ona również określenie głębokości występowania poziomu wód gruntowych oraz wydzielenie zawodnionych utworów piaszczystych lub piaszczysto-żwirowych.

4. Na oporność właściwą osadów piaszczystych i piaszczysto-żwirowych mają duży wpływ czynniki atmosferyczne — woda opadowa obniża wartość oporności właściwej tych osadów.

5. Przed przystąpieniem do terenowych prac elektrooporowych należy zebrać wszelkie dostępne materiały dotyczące stosunków wodnych, a w trakcie wykonywania pomiarów należy dokonywać pomiarów głębokości występowania wody w pobliskich studniach.

6. Dla prawidłowego przeprowadzenia interpretacji geologicznej wyników prac elektrooporowych niezbędna jest ogólna znajomość geologii czwartorzędu oraz szczegółowa znajomość budowy geologicznej osadów czwartorzędowych w obszarze, gdzie przeprowadzamy prace elektrooporowe.

7. Najtrudniejszym zagadnieniem zastosowania metody elektrooporowej do poszukiwania i rozpoznawania złóż kruszyw naturalnych jest interpretacja geologiczna (litologiczna). Wynika to z tego, że obecnie mamy za mało wiadomości dotyczących relacji: oporność właściwa — rodzaj osadu.

8. Umiejętne powiązanie badań elektrooporowych z pracami wiertniczymi może wielokrotnie przyspieszyć proces poszukiwania złóż oraz w znacznym stopniu ułokładnieć rozpoznawanie budowy geologicznej złóż już odkrytych.

9. Dla podniesienia efektywności badań elektrooporowych, na etapie ich interpretacji ilościowej powinna być stosowana elektroniczna technika obliczeniowa.

РЕЗЮМЕ

В статье описаны трудности встречаемые при поисках месторождений природной крошки в любельском районе. Предлагается применение электроопорных исследований. Описаны экспериментальные исследования проведенные с применением этого метода. Полученные результаты представлены в форме таблицы величины полного сопротивления разных литологических типов четвертичных отложений. Определены пределы полного сопротивления указывающие на перспективность или неперспективность разведанных районов. Указана возможность определения разных литологических типов четвертичных осадков и степени их заводнения на основании интерпретации электроопорных данных. Приведен ряд методических указаний.