

POSTĘP TECHNICZNY W PRACACH GEOFIZYCZNYCH

METODA GRAWIMETRYCZNA I MAGNETYCZNA

W Polsce w pierwszych latach po wojnie używano grawimetrów kwarcowych typu Norgarda. Grawimetrami tymi uzyskuje się dokładności rzędu 0,2 mgł. Wykonano nimi pomiary regionalne i częściowo półszczegółowe. W miarę zagęszczenia pomiarów wynika konieczność uzyskania grawimetrów o większej dokładności w związku z czym w 1954 r. sprowadzono do kraju grawimetry sprężynowe typu Askania, którymi uzyskuje się dokładności rzędu 0,01 mgł. W miarę zwiększenia dokładności pomiarów okazało się konieczne wprowadzenie pomiarów geodezyjnych — niwelacji. Stosowane przy pomiarach regionalnych poprawki określone na podstawie wysokości odczytywanych z map były za mało dokładne z chwilą przejścia na prace półszczegółowe i szczegółowe. Od dwóch lat prawie wszystkie punkty pomiarowe są niwelowane z dokładnością do ± 10 cm (niwelacja techniczna).

Zasadnicze zmiany nastąpiły również i w samym opracowaniu pomiarów. W 1957 r. zostały opracowane na podstawie zagranicznej literatury metody sporządzania map anomalii resztkowych i wyższych pochodnych siły ciężkości. Znany jest szereg tych metod. Kilkanaście zostało wypróbowanych na znanych tematach grawimetrycznych, dając bardzo pozytywne wyniki. Ma to bardzo ważne znaczenie dla prac geologicznych. Mapy grawimetryczne w odpowiedni sposób opracowane służą do planowania dalszych badań geofizycznych, szczególnie są przydatne przy planowaniu prac sejsmicznych. Korelacja wyników szeregu metod geofizycznych daje lepszą możliwość interpretacji geologicznej.

Identyczne metody opracowania zostały zastosowane również w metodzie magnetycznej, dając bardzo pozytywne wyniki.

Obecnie stosuje się w naszych opracowaniach dla wydzielenia elementów anomalnych związanych z głębszymi strukturami metody: Baranowa, Elkinsa i Griffina, natomiast dla wydzielenia elementów anomalnych związanych ze strukturami płytszymi — metodę Rosenbacha. Ta ostatnia metoda wymaga bardzo dokładnych pomiarów powierzchniowych.

METODA SEJSMICZNA

W obecnej chwili są w kraju stosowane w przeznaczonej ilości aparaty sejsmiczne produkcji radzieckiej typu SS-26-D i pojedyncze egzemplarze aparatów produkcji amerykańskiej jak P-11 i G-33. Oprócz tego zostały sprowadzone w ostatnich miesiącach aparaty radzieckiej typu SS-24-P.

O aparaturach SS-26-D można powiedzieć, że w dotychczasowych swoich pracach zdały egzamin,

dają zadowalające wyniki. Obecnie mając na uwadze coraz bardziej trudne zadania stawiane przed sejsmologią przez geologów, konieczne staje się stosowanie bardziej nowoczesnych aparatów, charakteryzujących się korzystniejszymi parametrami. Zasadnicze elementy, które powinny znaleźć się w nowej aparaturze — to automatyczna regulacja amplitud, znacznie szerszy zakres filtracji, różne stopnie mieszania, większe wzmocnienie, stałe czasowanie itd. Aparatura SS-24-P tylko częściowo odpowiada tym wymaganiom.

Niezależnie od tego konieczne jest wprowadzenie do produkcji aparatów z zapisem magnetycznym. Aparatury tego typu dają szerokie możliwości eksperymentowania bez potrzeby wielokrotnego strzelania w polu, a ponadto uzyskane rejestracje nadają się do prowadzenia zautomatyzowanej interpretacji. Jedną z aparatów tego typu powinna być przystosowana do prowadzenia zapisów metodą różnej gęstości.

Dla pracy w skomplikowanych warunkach celowe jest posiadanie aparatury, przystosowanej do regulowanego kierunkowego odbioru fal sejsmicznych. (RNP). Posiadanie takiej aparatury może się przyczynić do umożliwienia eliminowania refleksów wielokrotnych.

Oprócz wyżej wymienionych aparatów stosowanych w geofizyce powierzchniowej należy tu jeszcze wspomnieć o urządzeniach wchodzących do prac geofizycznych za granicą pod nazwą karotażu akustycznego. Jego stosowanie daje nie tylko rozkład prędkości, bardzo potrzebny do interpretacji głębokościowej rezultatów sejsmicznych, ale również dane do określenia porowatości i nasycenia skał. Jest to szczególnie ważne w rejonach z występowaniem skał wapiennych, w których zwykły karotaż często zawodzi. Ponadto dane karotażu akustycznego mają zastosowanie przy zestawieniu sejsmogramów syntetycznych.

Bardzo ważnym elementem aparatury sejsmicznej są geofony. W budowie ich na przestrzeni kilku ostatnich lat obserwujemy bardzo poważny postęp skierowany w pierwszym rzędzie na zmniejszenie wielkości, a zarazem wagi, bez zmiany innych parametrów. Ma to główne znaczenie w stosowanej obecnie metodzie prac wymagającej na jeden kanał aparaty, od kilku do kilkudziesięciu sztuk geofonów.

Metody prac polowych w sejsmice ulegają na przestrzeni ostatnich lat poważnym zmianom. I tak w metodzie refleksyjnej przeprowadzono próby w trzech zasadniczych kierunkach:

- 1) grupowania geofonów, 2) grupowania otworów, 3) grupowania otworów i geofonów.

Należy zaznaczyć, że grupowanie geofonów weszło już do normalnego cyklu produkcyjnego.

Oprócz tych trzech zasadniczych kierunków przeprowadzono próby z metodą strzelania w powietrze (Pultera), która jednak nie znalazła u nas przemysłowego zastosowania.

Grupowanie geofonów jest metodą znaną już od 1927 r., kiedy w Stanach Zjednoczonych po raz pierwszy zastosowano próbnie dwa geofony na kanał. Nie była ona jednak stosowana na skalę przemysłową. Dopiero kiedy przed sejsmiką zaczęto stawiać coraz trudniejsze zadania, stosując coraz ostrzejsze reżimy dokładnościowe, głębokościowe, jak również skierowano badania na tereny trudne sejsmicznie, przystąpiono do naukowego opracowania metody grupowania geofonów i stosowania jej przemysłowo. Ilości geofonów stosowane na jeden kanał są bardzo różne. Znamy przypadki, w których stosowano do 100 sztuk.

Trzeba jednak mieć na uwadze, że efektywność stosowanego grupowania jest nie tylko zależna od ilości geofonów, ale również od dobrania odpowiednich odległości między nimi i schematu ich ustawienia. Znane są bowiem przypadki z teorii i praktyki, w których niewłaściwie zastosowane grupowanie geofonów, zamiast poprawić jakość wyników, spowodowało ich pogorszenie.

Z tego też względu przed przystąpieniem do przemysłowego stosowania grupowania geofonów należy wykonać pomiary fal szkodliwych. Następnie przeprowadza się obliczenia właściwego schematu grupowania i optymalnych odległości między poszczególnymi geofonami. Do przeprowadzenia analizy skuteczności grupowania należy również wykorzystać filtrację aparatury oraz przeprowadzić analizę uzyskiwanych częstotliwości na wyjściu grupy geofonów. W końcu należy wykonać teoretyczną analizę zniekształcającego wpływu grupowania i porównać z wynikami eksperymentalnymi w terenie.

Następną metodą, z którą przeprowadzono próby w pracach polowych, jest grupowanie otworów strzałowych. W wielu rejonach jest to jedyna metoda przyczyniająca się do uzyskiwania zadowolających wyników. Efektywność grupowania otworów strzałowych jest większa od efektywności grupowania geofonów dzięki likwidowaniu wpływów warunków powierzchniowych.

Znamy szereg metod grupowania otworów, podobnie jak geofonów. Stosuje się je w zależności od warunków geologicznych, w których przeprowadza się prace. Wymienię kilka metod, dla których przeprowadzono próby w kraju.

Pierwsza metoda, nazwana „metodą płaskiego czoła fal” (klasyczna), polega na równoległym ustawieniu geofonów i otworów w dwóch liniach. Odległości między profilami są rzędu kilkudziesięciu metrów. Ważne jest aby długość rozstawu geofonów i otworów była jednakowa a skrajne otwory i geofony leżały na przeciw siebie. Ilość otworów strzałowych stosowanych przy tego rodzaju pracach nie przekracza 12 na jeden rozstaw i może być w pewnych przypadkach mniejsza. Długości rozstawów uzależnia się od warunków geologicznych.

Oprócz metody „klasycznej” stosuje się również metodę tzw. „kierunkowego strzelania” różniącą się od poprzedniej systemem odstrzelania. Ładunki materiału wybuchowych odstrzeluje się w kolejności, z pewnym opóźnieniem w stosunku do poprzedniego, rzędu kilku milisekund. Poza wymienionymi wyżej metodami stosuje się jeszcze symetryczne rozmieszczanie otworów w formie różnych figur geometrycznych. Dla określenia najważniejszych odległości między otworami w grupach, należy wykonać rejestrację dwukierunkową. Na podstawie tej rejestracji zestawia się wykresy wielkości fal szkodliwych zależnie od odległości między otworami. Zestawione wykresy z dwóch kierunków pozwalają na określenie najważniejszych odległości między otworami.

Celowe jest również stosowanie na skalę przemysłową jednoczesnego grupowania geofonów i otwo-

rów. Jak wiemy całkowity efekt grupowania składa się z iloczynu efektów zarówno układu geofonów, jak i otworów. Jeśli grupę geofonów nastawia się na tłumienie fal szkodliwych w zakresie częstotliwości fal użytecznych, to grupę otworów strzałowych celowe jest nastawić na tłumienie częstotliwości nieco niższych. Postępowanie takie pozwala na eliminowanie powstających fal powierzchniowych u ich źródła. Tak więc stosowane odległości między otworami strzałowymi w grupach powinny być nieco większe od odległości między geofonami.

METODA ELEKTROOPOROWA

Rozpoczynając prace metodą geoelektryczną dysponowano w 1951 r. jedynie potencjometrami radzieckimi typu EP-1. Dla rozwiązania zagadnień stosowano najprostszы układ pomiarowy tzw. symetryczny w układzie elektrod AMNB. Wyniki prac interpretowano jedynie w sposób jakościowy, przedstawiając je w postaci mapy izoform. Następnie dwa lata przyniosła pewną poprawę tak w metodyce, jak i w interpretacji. Wprowadzono do prac polowych metodę pionowych sondowań elektrycznych w układzie Schlumbergera, poprawiono również poziom wykonawstwa technicznego od strony jakości wykonywanych pomiarów, poprzez zwiększenie dokładności, jak również powtarzalności krzywych.

Większy postęp obserwuje się w samej interpretacji, dzięki zastosowaniu „pałek” (zbiór krzywych teoretycznych) dwu i trójwarstwowych. Dzięki ich zastosowaniu uzyskano możliwość rozdzielenia kompleksów oporowych i przyporządkowania ich odpowiednim warstwom geologicznym. Dalszą zaletą stosowania „pałek” była możliwość wyznaczenia parametrów głębokościowych.

W sumie były to pierwsze kroki przy przejściu z interpretacji jakościowej na ilościową.

W tym okresie rozpoczęto również prace nowo wprowadzoną aparaturą szwedzką Boliden — do prac indukcyjnych. Znalazła ona zastosowanie w tematyce związanej z zagadnieniami rudnymi przy poszukiwaniu złóż typu żyłowego i gniazdowego. Na podstawie badań określano jakościowo miejsce występowania rud. Obszary te przy przedstawieniu graficznym na mapie charakteryzowały się zagęszczeniem izolinii.

Następną chronologiczną metodą, wprowadzoną do produkcji, była metoda pomiaru potencjałów własnych ziemi. Znalazła ona zastosowanie przy określaniu złóż siarczkowych, grafitowych itp. Wprowadzenie tej metody było dalszym rozszerzeniem asortymentu badań i pozwoliło już częściowo na wprowadzenie kompleksowości w pracach geoelektrycznych.

Również w metodach interpretacji obserwuje się dalszy postęp, dzięki wprowadzeniu nowych sposobów obliczeń. Dla zagadnień hydrogeologicznych zastosowano metodę interpretacji Kelly'ego, zaś dla konstrukcji krzywych teoretycznych dla znanych z góry układów geologicznych zastosowano metodę Tagga.

Następne lata przynoszą dalszy postęp tak w aparaturze, metodyce prac, jak i interpretacji.

Wprowadzono do produkcji bardziej nowoczesne kompensatory produkcji PPG z rozszerzonym zakresem pomiarowym, następnie kompensator elektro-nowy produkcji Związku Radzieckiego i rezystiwimetry z pulsatorami PPG. Te ostatnie pozwoliły na wprowadzenie metody wyznaczania oporności wody. Znajomość tego parametru jest potrzebna dla udołkowania interpretacji krzywych sondowań, zwłaszcza przy określaniu głębokości.

Z metod prac wprowadzono metodę ciała załadowanego dla śledzenia przebiegu żył dobrze przewodzących. Szeroko zaczęto stosować różnego rodzaju profilowanie, jak: symetryczne wielopionowe, asymetryczne (jednobiegowe), różnego rodzaju poprzeczne, dipolowe itd.

Zwiększył się również asortyment wykonywanych sondowań elektrycznych dzięki zastosowaniu różno-

rodnym układów pomiarowych, jak: azymutalne, jednobiegumowe itd.

Poza tym przeprowadzono próby wykonywania sondowań z powierzchni wody (w korycie Wisły). Wprowadzono również różnego rodzaju warianty metody geoelektrycznej do rozwiązywania zagadnień hydrogeologicznych, jak np. profile kołowe PS, sondowania azymutalne, pomiary przy zasoleniu otworów itp.

Poprawił się również poziom interpretacji dzięki zastosowaniu większego asortymentu „pałek” w różnego rodzaju ujęciach, jak np. krzywe trójwarstwowe opracowane przez Pyłajewa i czterowarstwowe wydane przez Ministerstwo Przemysłu Naftowego ZSRR.

Również w metodzie indukcyjnej wprowadzono krzywe teoretyczne opracowane przez R. Teisseyre'a. W metodzie PS oparto się na danych teoretycznych opracowanych przez Siemionowa.

Jak z powyższych danych wynika w metodzie geoelektrycznej obserwuje się bardzo wyraźny postęp, dzięki któremu można otrzymać obraz geofizyczny przedstawić w formie obrazu geologicznego.

Przyszłość metody geoelektrycznej powinna iść w kierunku dalszego rozszerzenia metod polowych i interpretacji.

W 1961 r. zostaną rozpoczęte badania metodą telluryczną, mającą zastosowanie przy badaniu głębokich struktur w szczególności elementów tektonicznych podłoża krystalicznego. Równoległe z aparaturą telluryczną wejdzie do produkcji aparatura generatorowa dla głębokich sondowań; znajdzie ona również zastosowanie przy określaniu reperów głębokościowych dla metody tellurycznej.

Dalsze dwie metody, które należy jak najszybciej wprowadzić, mając na uwadze zagadnienie rudne, to metoda wzbudzonej polaryzacji i metoda intensywności.

Dla obszarów, na jakich obserwuje się występowanie prądów błądzących, które przeszkadzają w stosowaniu metod klasycznych, należy bezwzględnie przygotować metody prądów zmiennych.

W dalszym etapie należy przygotować się do wprowadzenia ostatnio rozwijanych za granicą metod indukcyjnych, posługujących się aparaturą o regulowanej częstotliwości i mikrotellurycznych.

METODA KAROTAŻOWA

Początki karotażu w okresie powojennym obejmowały jedynie najprostsze pomiary karotażu elektrycznego, jak profilowanie elektryczne za pomocą dwóch do trzech rozstawów sond. Stosowano aparaty półautomatyczne wykorzystujące jako mierniki potencjometry typu EP-1. Materiały pomiarowe z owego czasu nie były interpretowane, a jedynie przedkładane geologom do korelacji jakościowej. W następnym etapie aparatura półautomatyczna wyposażona została w urządzenia do pomiaru naturalnego promieniowania gamma, wyprodukowana w kraju przez PPG i AGH. Aparatura ta, jak na owe czasy, była aparaturą nowoczesną o dość dużej czułości i selektywności. Dzięki pomiarom naturalnego promieniowania gamma można było uzyskać uzupełniający materiał pomiarowy dla karotażu elektrycznego pozwalający na dokładniejsze i pewniejsze wydzielenie warstw w profilowanych odwiertach.

Systematycznie zaczęto rozszerzać asortyment pomiarów wprowadzając elektryczne sondowanie boczne o ilości rozstawów sond dochodzącej do sześciu, karotaż termiczny, badanie odchylenia odwiertu od pionu oraz wyznaczanie azymutu, badanie średnie odwiertu kawernomierzem, pomiary oporności właściwej płuczki itd. Dzięki tym pomiarom można było przystąpić do wprowadzenia interpretacji jakościowej, a następnie ilościowej. W tym okresie uchwałą rządu został wprowadzony obowiązek karotażu gamma wszystkich odwiertów powyżej 100 m. Miało to na celu stwierdzenie ewentualnego występowania naturalnych pierwiastków radioaktyw-

nych. Uchwała ta przyczyniła się bardzo do spopularyzowania karotażu w kraju.

W 1959 r. została sprowadzona do kraju pierwsza aparatura automatyczna, która w znacznym stopniu podniosła wartość wykonywanych dotychczas pomiarów. Zwiększyła się dokładność otrzymywanych wyników, wykluczono błędy osobowe popełniane przez operatora, zwiększyła się szybkość prac pomiarowych. Sprowadzona aparatura była wyposażona w komplet urządzeń i osprzęt dla przeprowadzania karotażu kompleksowego, przy czym część radioaktywna była przystosowana do pomiarów z użyciem źródeł neutronowych.

Pierwsze próby zastosowania karotażu neutron-gamma zostały przeprowadzone w ROW i dały bardzo pozytywne rezultaty. Pozwoliły one wspólnie z innymi dotychczas stosowanymi metodami karotażu elektrycznego na jednoznaczny identyfikację pokładów węgla. Było to o tyle ważne, że w trakcie rdzeniowania zdarzały się często przypadki opuszczania pokładów węglowych przez wiertaczy.

Przeprowadzono również z pozytywnymi rezultatami pomiary przy użyciu izotopów promieniotwórczych dla określenia głębokości zarurowania, czy poziomu zacementowania.

Z chwilą przejścia na otwory związane z problematyką rudną rozpoczęto oprócz poprzednio wymienionych pomiarów karotażem elektrolitycznym oraz sondami z zastosowaniem kontaktów ślizgowych (sonda szczotkowa). Uzyskane wyniki, szczególnie karotażu elektrolitycznego w złożach bogatych, były pozytywne. Pomimo tego można stwierdzić, że dotychczasowe metody nie wyznaczają jednoznacznie poziomów rudonośnych.

Oprócz wyżej wymienionych przeprowadzono próby z zastosowaniem metody gamma-gamma. Jej zastosowanie pozwoli prawdopodobnie na określenie porowatości skał, jak również określenie wysokości podchodzenia cementu poza rurami.

Stosowane dotychczas metody karotażowe nie zapewniają jeszcze w pełni rozwiązywania szerokiego wachlarza problemów postawionych przed tą metodą. Dlatego kierunki rozwoju metod badań otworów wiertniczych powinny być skierowane na wypróbowanie i zastosowanie wszelkich odmian pomiarów stosowanych w geofizyce światowej, a nie stosowanych u nas lub stosowanych w małym zakresie nie na skalę przemysłową. Następnie należy dążyć do podniesienia jakości interpretacji wykresów pomiarowych.

Z metod pomiarowych, które by należało rozpoznać na skalę przemysłową, na pierwszym miejscu postawiłbym wszystkie metody stosujące pierwiastki promieniotwórcze i izotopy, następnie profilowanie indukcyjne, które ma pierwszorzędne znaczenie przy określaniu litologii i oporności właściwej skał. Następnie należy wprowadzić metodę zwaną laterologiczną (profilowanie elektryczne polem sterowanym). We wszystkich otworach przewierczających skały pobudliwe magnetycznie należy stosować karotaż magnetyczny, który określa wielkość namagnesowania szczątkowego i jego kierunek. Należy również rozszerzyć badania stopnia geotermicznego o profilowania termiczne naturalne.

Dla udokładnienia otrzymywanych wyników należy zorganizować laboratoria dla badania własności fizycznych skał dla celów geofizyki kopalnianej. W dalszym etapie rozwojowym należy przygotować się do wykorzystania cyfrowych maszyn automatycznych w procesach interpretacyjnych. Znajdują one już dzisiaj zastosowanie w geofizyce światowej, wszędzie tam, gdzie żmudne prace przy interpretacji dadzą się ująć w powtarzalne operacje matematyczne. Specjalnie ważne może się to stać przy modelowaniu dla konstruowania krzywych teoretycznych.

Stosowanie wymienionych metod geofizyki kopalnianej powinno doprowadzić do jednoczesnego określenia własności i rodzajów przewierczanych skał, a w efekcie do poważnego zmniejszenia ilości otworów rdzeniowych.