

KAROTAŻ SEJSMICZNY W LATACH 1953— 1959 NA OBSZARZE POLSKI

KAROTAŻ SEJSMICZNY odgrywa ważną rolę w interpretacji materiałów z badań sejsmicznych. Dokładność uzyskiwanych przekrojów głębokościowych zależy od właściwego dobrania krzywej prędkości średnich, a wiadomo, że dane obliczone na podstawie pomiarów karotażu sejsmicznego są najbardziej zbliżone do rzeczywistych, zaś obecny rozwój prac sejsmicznych zdąża w kierunku zwiększenia dokładności otrzymywanych danych głębokościowych. Dlatego warto zastanowić się nad karotażami sejsmicznymi wykonywanymi w otworach wiertniczych w Polsce.

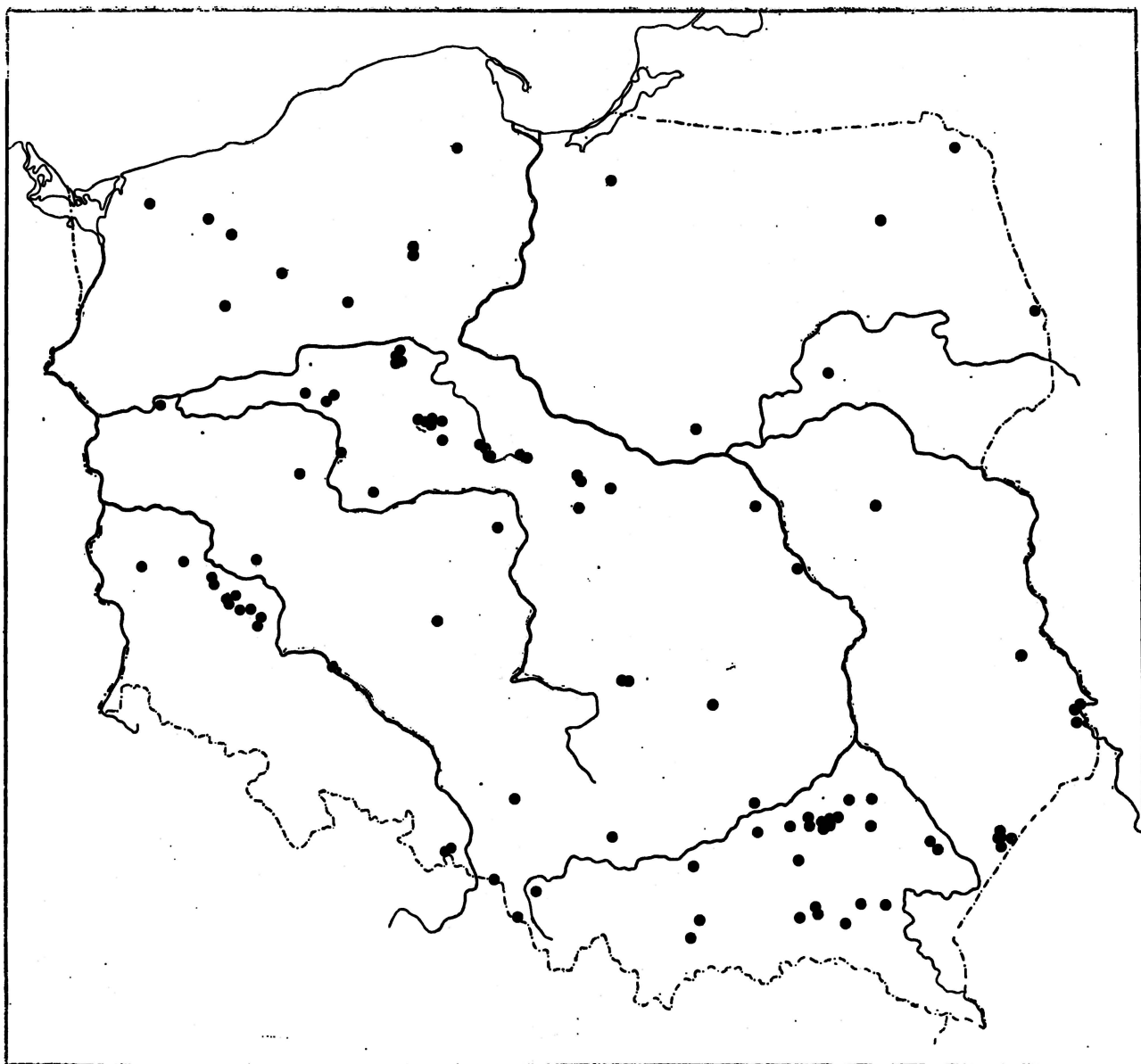
Załączona mapka (ryc. 1) przedstawia rozmieszczenie otworów, w których wykonano karotaż sejsmiczny w latach 1953—1959. Uwzględniono tu otwory wykonywane przez Instytut Geologiczny oraz część prac prowadzonych przez Przemysł Naftowy.

Wykonawcą pomiarów do roku 1956 była grupa sejsmiczna Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych, zaś od roku 1956 większość pomiarów przeprowadzała grupa Przemysłu Naftowego. PPG w tym okresie wykonywało karotaż sejsmiczny tylko w niewielkich otworach, na ogół znajdujących się w rejonie prowadzonych badań sejsmicznych.

Ciekawie przedstawia się zestawienie badań karotażowych zależnie od głębokości przeprowadzonych pomiarów. Na 107 otworów największą liczbę, bo 66, stanowią takie, w których pomiary wykonywano do głębokości 1000 m, w tym 17 nie przekracza 500 m.

Do głębokości między 1000 i 2000 m wykonano 28 pomiarów, zaś do głębokości ponad 2000 m tylko 13. Widać zatem szczupłość posiadanych materiałów karotażu sejsmicznego, w szczególności dlatego, że w wielu przypadkach otrzymujemy refleksy z głębokości nawet ponad 3000 m. Sytuację pogarsza jeszcze fakt nierównomiernego rozmieszczenia pomiarów.

W obecnej zatem chwili interpretacja wielu materiałów sejsmicznych musi się opierać całkowicie lub częściowo na zastosowaniu krzywych prędkości



Ryc. 1. Rozmieszczenie otworów z wykonanym karotażem sejsmicznym na obszarze Polski w latach 1953—59.

Fig. 1. The distribution of seismic logged wells in Poland, in 1953—59

średnich obliczonych analitycznie. Ilość jednak wykonywanych pomiarów karotazu sejsmicznego z każdym rokiem wzrasta i celowe będzie przedstawienie metodyki prac polowych i interpretacji.

Pomiar prędkości średnich odbywa się za pomocą geofonu głębinowego umieszczonego w otworze wiertniczym, energia zaś wzbudzana jest w otworach pomocniczych o głębokości od kilku do kilkudziesięciu metrów, usytuowanych w pobliżu wiercenia. Metodykę prac polowych w sposób istotny charakteryzuje rozmieszczenie i ilość otworów strzałowych oraz odległość między kolejnymi położeniami geofonu głębinowego.

W latach 1953—55 strzelano na ogół w 6 otworach pomocniczych rozmieszczonych w dwu prostopadłych do siebie kierunkach. Cztery otwory były zwykle sytuowane w jednym kierunku, zaś dwa w drugim. Odległości poszczególnych otworów od wiercenia były różne i wahały się od 50 m do 750 m. Należy zaznaczyć, iż w świetle posiadanych materiałów można stwierdzić, że strzelanie z otworu odległego o 750 m od wiercenia jest niecelowe, w szczególności gdy głębokość tego ostatniego nie przekracza 500 m.

Również dla właściwego wykorzystania karotazu do interpretacji materiałów sejsmicznych wystarczy na ogół wzbudzenie energii w trzech otworach usytuowanych w dwu prostopadłych do siebie kierunkach. Dwa otwory powinny wtedy znajdować się wzdłuż linii zgodnej z kierunkiem profili sejsmicznych.

Wynikiem wspomnianych wniosków jest wyraźna tendencja do zmniejszenia ilości otworów strzałowych w latach 1956 i 57. W okresie tym dużą grupę stanowią pomiary, przy których korzystano tylko z trzech otworów, zaś od roku 1958 na ogół staje się to zasadą.

Jeżeli idzie o odległości między kolejnymi położeniami geofonu głębinowego, to lata 1953—55 stanowią okres, kiedy to gęstość obserwacji w otworach była bardzo zmienna i poszczególne odległości wahały się nieraz od 20 do 100 m. Przeważają jednak odstępy 25, 50 i 100 m. W latach 1956 i 57 odległości te były na ogół stałe wzdłuż całego otworu i wynosiły 25 lub 50 m. Na podstawie istniejących opracowań należy stwierdzić, że dla ustalenia odległości między poszczególnymi położeniami geofonu głębinowego zarówno w pierwszym, jak i w drugim okresie

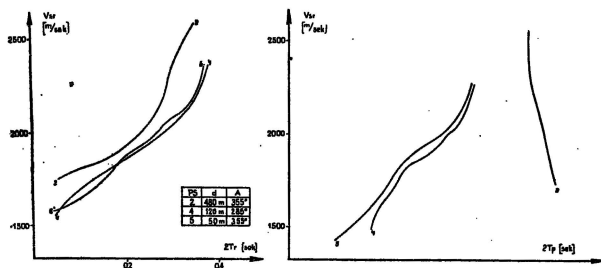
nie brano pod uwagę profilu geologicznego otworu. Dopiero od roku 1958 zaczęto uwzględniać dane geologiczne z otworu dla ustalenia gęstości obserwacji. Stosowane wtedy odległości wynosiły 25 lub 50 m.

Ogólnie można stwierdzić, że pod względem metodyki prac polowych cały materiał możemy podzielić na trzy okresy: lata 1953–55, 1956 i 57 oraz po roku 1958.

Z przedstawionych faktów widać, że w latach wcześniejszych wykonywano więcej pomiarów, niż to jest konieczne, lecz z tego względu cały posiadany materiał nadaje się w chwili obecnej do wykorzystania.

Podstawowym materiałem karotazu sejsmicznego potrzebnym do interpretacji głębokościowej badań sejsmicznych są krzywe wykreślone w układzie Vsr i Tr oraz Tr i H, gdzie Vsr — prędkość średnia, Tr — czas zredukowany przebiegu fali sejsmicznej po drodze pionowej, H — głębokość geofonu głębinnego. Krzywe w układzie Vsr i 2Tr mogą być bezpośrednio porównywane z krzywymi prędkości efektywnych obliczonymi analitycznie przy wykorzystaniu materiałów refleksyjnych. Krzywe zaś w układzie Tr i H służą do interpretacji głębokościowej. W opracowaniach karotazu sejsmicznych powinny więc znajdować się wykresy wyżej wspomnianych krzywych. Jeśli chodzi o metody redukcji, to w omawianym okresie spotykamy się z przyjmowaniem za poziom odniesienia powierzchni ziemi spągu strefy małych prędkości oraz średniego poziomu strzelania.

Rozpatrując zagadnienie interpretacji w poszczególnych latach widzimy, że w zasadzie do roku 1955 nie wykreślano krzywych w układzie Vsr i 2Tr, a w roku 1953 nie liczono nawet Tr. W okresie tym rysowano krzywe w szeregu innych układów, które jednak nie mają bezpośredniego zastosowania w interpretacji materiałów sejsmicznych. Między innymi kreślono również krzywe w układzie Vsr i T_p, gdzie T_p — czas liczony po drodze od punktu wybuchu, sprowadzonego na powierzchnię ziemi, do geofonu głębinnego.



Ryc. 2. Porównanie krzywych karotazu sejsmicznego w różnych układach.

Fig. 2. The comparison of seismic log curves in different systems

Ryc. 2 przedstawia zestawienie krzywych karotazu sejsmicznego z otworu Krynki w układzie Vsr i 2 Tr oraz Vsr i 2T_p. W tabelce podano kolejne numery otworów strzałowych, ich odległości oraz azymuty względem wiercenia.

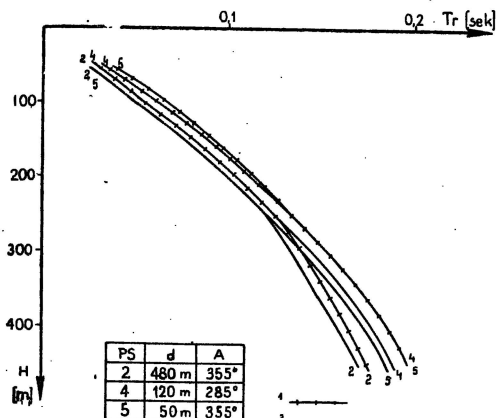
Z przedstawionego obrazu widać istotną różnicę w przebiegu krzywych w jednym i drugim przypadku. Stosunkowo duże odchylenie krzywej z Ps 2 w stosunku do innych jest prawdopodobnie spowodowane dużą odległością otworu od wiercenia.

W roku 1956 niektóre opracowania zawierają już krzywe w układzie Vsr i 2Tr, natomiast począwszy od roku 1957 istnienie w opracowaniach krzywych w układzie Vsr i 2T oraz H i Tr jest już zasadą.

Na ryc. 3 przedstawione jest zestawienie krzywych karotazu sejsmicznego z otworu Krynki w układzie Tr i H przy przyjęciu za poziom odniesienia powierzchni ziemi oraz średniego poziomu strzelania. W tabelce podano analogiczne dane jak na ryc. 2.

Z przedstawionych wykresów widać, że odpowiednie krzywe mają przebieg podobny i nieznacznie prze-

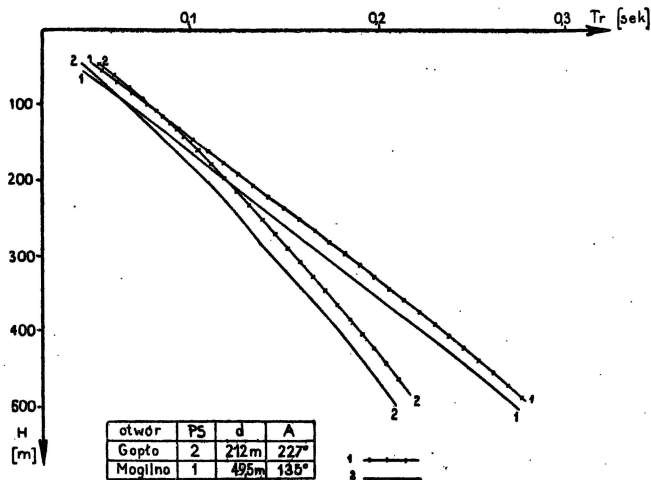
sunięty. Krzywe redukowane do powierzchni ziemi przebiegają trochę wyżej i przy tych samych czasach otrzymujemy mniejsze głębokości niż przy redukcji do średniego poziomu strzelania. Różnice otrzymanych głębokości wahają się między 10 a 50 m. Większe różnice występują dla większych głębokości. Przyczyną tego jest przebieg krzywych, które wykazują w początkowej swej partii mniejsze nachylenie, a więc mniejszą prędkość średnią. Sposób redukcji ma zatem większy wpływ na tych odcinkach, które wykazują szybszy wzrost prędkości średnich.



Ryc. 3. Porównanie krzywych karotazu sejsmicznego przy przyjęciu różnych poziomów odniesienia. 1 — krzywe redukowane do powierzchni ziemi, 2 — krzywe redukowane do średniego poziomu strzelania.

Fig. 3. The comparison of seismic log curves in relation to the different base levels 1 — curves reduced to the earth surface level, 2 — curves reduced to the mean level of shooting

Rok 1956 można by określić jako pewien przełom w stosowanym sposobie obliczeń. W okresie tym dla poszczególnych pomiarów przyjmowano różny poziom odniesienia zarówno powierzchnię ziemi, spąg strefy małych prędkości, jak i średni poziom strzelania. Przewagę stanowiła jednak karotaż, dla których przeprowadzono redukcję do spągu strefy małych prędkości.



Ryc. 4. Porównanie krzywych karotazu sejsmicznego przy przyjęciu różnych poziomów odniesienia. 1 — krzywe redukowane do spągu strefy małych prędkości, 2 — krzywe redukowane do średniego poziomu strzelania.

Fig. 4. The comparison of seismic log curves in relation to the different base levels 1 — curves reduced to the base level of low speeds, 2 — curves reduced to the mean level of shooting

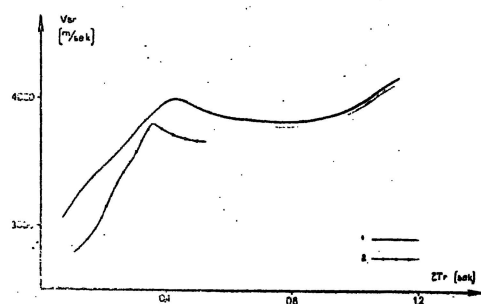
Na ryc. 4 przedstawione jest zestawienie krzywych karotazu sejsmicznych w układzie Tr i H przy przyjęciu za poziom odniesienia spągu strefy małych

prędkości oraz średniego poziomu strzelania. W tabelce podano kolejno nazwę otworu, numer otworu strzałowego, jego odległość i azymut względem wiercenia.

Przebieg przedstawionych krzywych jest podobny jak na ryc. 3. Przy stosowaniu krzywych zredukowanych do spągu strefy małych prędkości otrzymujemy dla tych samych czasów mniejsze głębokości. W przedstawionych przykładach różnice na ogół nie przekraczają 30–40 m. Należy jednak zaznaczyć, że różnice między opisywanymi krzywymi maleją z chwilą, gdy średnia głębokość strzelania jest bliższa spągowi strefy małych prędkości. Widać zatem, że zarówno w tym, jak i poprzednim przytoczonym przykładzie różnice między krzywymi spowodowane sposobem redukcji nie są duże. W każdym razie nie mają one istotnego znaczenia przy interpretacji materiałów w zagadnieniach regionalnych.

Głębokości otrzymane przy przyjęciu innego poziomu odniesienia niż średni poziom strzelania będą miały, zgodnie z przytoczonymi przykładami wartości niższe. Większość jednak materiałów z karotażu sejsmicznego, bo począwszy od roku 1957, za poziom odniesienia ma przyjmowany średni poziom strzelania.

Z kolei przedstawiam dwa przykłady zestawień krzywych karotażu sejsmicznego z różnych otworów. Do porównania brano dla każdego wiercenia jedną krzywą, wybierano jednak te otwory strzałowe, które miały mniej więcej takie same odległości i azymuty względem otworu wiercniczego. Za poziom odniesienia dla wszystkich krzywych przyjęto średni poziom strzelania.



Ryc. 5. Zestawienie krzywych karotażu sejsmicznego z dwu otworów.

- 1 — krzywa z otworu Granice 1.
2 — krzywa z otworu Rzejowice.

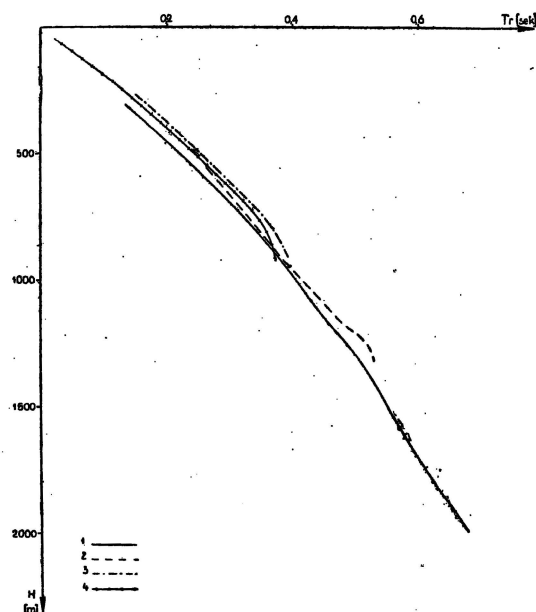
Fig. 5. The comparison of seismic log curves from two wells

- 1 — the curve from the well Granice 1; 2 — the curve from the well Rzejowice

Na ryc. 5 przedstawione są krzywe z otworów Rzejowice i Granice 1. Otwory te są stosunkowo blisko siebie położone, lecz różnią się miąższościami poszczególnych serii. Z przedstawionego obrazu widać, że charakter obydwu krzywych jest taki sam. Obydwie krzywe wykazują w początkowej części wzrost prędkości średnich a następnie na pewnym odcinku jej spadek. Występujące tu przegięcia i spadek prędkości średnich jest prawdopodobnie wynikiem istnienia przy powierzchni warstw o stosunkowo dużych prędkościach granicznych (jura), a dopiero głębiej mamy do czynienia z horyzontami o mniejszych prędkościach. Z porównania krzywych z profilami otworów wynika, że punkt przegięcia w obu przypadkach wypada mniej więcej koło granicy małmu i doggeru. Charakterystyczny jest również fakt dosyć znacznego przesunięcia obydwu krzywych względem siebie mimo stosunkowo niedużej odległości między wierceniami. Widać zatem, że konieczne jest w tym rejonie uwzględnianie poziomej zmiany prędkości średnich.

Drugie zestawienie dotyczy otworów Płońsk, Ostrów Mazowiecka, Elk i Suwałki. Krzywe karotażu sejsmicznego dotyczące tych otworów przedstawione zostały na ryc. 6.

Porównując przedstawione krzywe należy stwierdzić, że ich charakter i przebieg są bardzo podobne. Największe odchylenia wykazuje jedynie krzywa z Płońska. Dla pozostałych krzywych bardzo charakterystyczny jest od pewnego miejsca gwałtowniejszy wzrost prędkości średnich, co należy wiązać z granicą utworów krystalicznych. Najwyraźniej jest to widoczne na krzywej z otworu Suwałki. O bardzo zbliżonym przebiegu krzywych świadczy fakt, że różnice w otrzymywanych głębokościach nie przekraczają 100 m.



Ryc. 6. Zestawienie krzywych karotażu sejsmicznego z czterech otworów.

- 1 — krzywa z otworu Płońsk.
2 — krzywa z otworu Ostrów Mazowiecka.
3 — krzywa z otworu Elk.
4 — krzywa z otworu Suwałki.

Fig. 6. The comparison of seismic log curves from four wells

- 1 — the curve from the well Płońsk, 2 — the curve from the well Ostrów Mazowiecka, 3 — the curve from the well Elk, 4 — the curve from the well Suwałki

Z przedstawionych przykładów widać więc wyraźnie, że dla odpowiedniego rozwiązania zagadnienia prędkości średnich do interpretacji materiałów sejsmicznych trzeba dokładnie analizować krzywe karotażowe i to zupełnie indywidualnie dla każdego rejonu.

L I T E R A T U R A

1. Pawłowicz E. — Karotaż sejsmiczny 1959. Archiwum IG (maszynopis).
2. Pawłowicz E., Pepel A., Rudowicz J. — Karotaż sejsmiczny 1958 (dwie części). Archiwum IG (maszynopis).
3. Pepel A. — Pomiar prędkości średnich, rejon prac: Strefa Przedsudecka 1958. Archiwum IG (maszynopis).
4. Rudowicz J. — Karotaż sejsmiczny 1956 (dwie części). Archiwum IG (maszynopis).
5. Rudowicz J. — Karotaż sejsmiczny 1957 (dwie części). Archiwum IG (maszynopis).
6. Schlegel J. — Sprawozdanie z pomiarów prędkości średnich w głębokich otworach w 1953 r. Archiwum IG (maszynopis).
7. Schlegel J. — Sprawozdanie z pomiaru karotażu sejsmicznego wykonanego w 1954 r. Archiwum IG (maszynopis).

SUMMARY

The article deals with the distribution of seismically carotaged bore holes in the years 1953—59 (fig. 1). The applied method of field works and interpretation has been discussed as well as some examples of comparison of the curves of seismic carotage from several bore holes.

During the analysis of the field works the way of situating was shown as well as the applied number of bore-holes in the individual years and also the assumed distances between the successive situations of the anogenic geophone. This number became smaller in the mentioned period from 6 in the years 1953—55 to 3 up of 1958. Also the applied distances between the successive situations of the anogenic geophone have changed. In the first period they changed often and fluctuated between 20 and 100 m. Since 1958 the density of measurements is being applied every 25 or 50 m. as a rule and at the same time the geological section of the bore-hole is taken into consideration.

In dealing with the method of interpretation, the applied ways of reduction were analysed.

РЕЗЮМЕ

Статья показывает размещение скважин, каротированных сейсмически в период с 1953 по 1959 гг. (рис. 1). Описана применяемая методика полевых работ и интерпретации, а также примеры сопоставления кривых сейсмического каротажа из нескольких скважин. При анализе методики полевых работ представлен способ размещения и применяемое количество взрывных скважин в отдельные годы, а также учитываемые расстояния между очередными положениями глубинного геофона. Это количество за описываемый период уменьшилось с 6, в годы 1953-55, до 3 в 1958 г. Изменились также расстояния, применяемые между последующими положениями глубинного геофона. В начальном периоде они были изменчивы и колебались в пределах от 20 до 100 м, а с 1958 года применяется, как правило, густота измерений через 25 или 50 м, при чем учитывается геологический профиль скважины.

При описании методики интерпретации проанализированы применяемые способы редукции.