

JAN UCHMAN

DROGI I BEZDROŻA POLSKIEJ SEJSMIKI

W roku bieżącym ilość grup sejsmicznych w Polsce została podwojona. Dowodzi to nie tyle wzrostu zapotrzebowania na badania sejsmiczne, bo zapotrzebowanie istniało i w latach ubiegłych, co zrozumienia faktu, że bez szeroko zakrojonych badań sejsmicznych nie do pomyślenia są odpowiednio zakrojone poszukiwania geologiczne. Przy tak gwałtownym wzroście prac sejsmicznych wszyscy zainteresowani powinni się zastanowić nad tym, jakie mamy możliwości wykonywania i rozwijania badań sejsmicznych i jakimi drogami ma iść nasza sejsmika, aby wyniki jej pracy były jak najbardziej efektywne?

Możliwości te zależą przede wszystkim od kadry i aparatury, czego nam ciągle brak. Aparaturę można importować, nie da się tego jednak powiedzieć o pracownikach. Jeżeli do wybuchu II wojny światowej mieliśmy zespół sejsmików o wysokich kwalifikacjach — szczerzy wprawdzie, ale wystarczający na ówczesne potrzeby, to po wojnie z wszystkich tych, którzy kiedykolwiek pracowali w grupie sejsmicznej, pozostało w kraju zaledwie kilka osób. Trzeba było zaczynać od szkolenia bezpośrednio w polu i to często zupełnie przypadkowych ludzi.

Pierwszych geofizyków wyszkolonych po wojnie na wyższej uczelni sejsmika otrzyma dopiero za rok. Dotychczasowi kierownicy grup sejsmicznych to absolwenci Akademii Górniczo-hutniczej. Po jednym egzaminie z geofizyki w zakresie potrzebnym geologowi czy inżynierowi-górnikowi i krótkiej, często zaledwie paromiesięcznej, praktyce zdobywali oni wiedzę i doświadczenia bezpośrednio przy samodzielnym wykonywaniu badań sejsmicznych. Nawet w początkowym okresie, kiedy kierownikiem grupy był doświadczony sejsmik, cały pozostały personel grupy trzeba było szkolić od podstaw.

Do dziś grupy nie mają pełnej obsady siłami technicznymi, chociaż przyczyną tego są czynniki natury ekonomicznej, o czym później — w ustępie poświęconym stronie organizacyjnej prac sejsmicznych.

Perspektywy na lata przyszłe są dobre. Za rok otrzymamy w wystarczającej ilości inżynierów-geofizyków dość dobrze przygotowanych teoretycznie, a nawet z pewną praktyką w grupach polowych. Na razie trzeba jednak prowadzić politykę dotychczasową: przyjmować i szkolić ludzi w najlepszym wypadku z dziedzin pokrewnych, tj. fizyków, elektryków itp.

Aparaturę sejsmiczną importowaliśmy i importujemy dotychczas zza granicy. W początkowym okresie aparaturę kupowaliśmy w Szwecji po prostu dlatego, że nie było innych możliwości zakupów. Jak można sądzić z prospektów, Szwedzi produkują obecnie aparaturę odpowiadającą światowym standardom. Zakupione przez nas aparaty były konstrukcjami przejściowymi i o ich jakości nie można powiedzieć wiele dobrego. Dopiero w roku 1950 otrzymaliśmy pierwszą nowoczesną aparaturę radziecką. Brak było jednak doświadczonej obsługi do tej aparatury, a doświadczenia zbiera się po dzień dzisiejszy.

Trudności w zaopatrzeniu aparatów w części wy-
mienne, konieczność dostosowania aparatów do naszych warunków a także dążenie do zaoszczędzenia znacznych ilości dewiz narzuciły myśl budowy aparatów w kraju. Prace w tym kierunku, jakkolwiek uwieńczone już pewnym powodzeniem w postaci zbudowania serii geofonów, są nadal dopiero w stadium prób.

Jeżeli dodać, że przemysł finansujący pierwsze prace geofizyczne po wojnie narzucił im od razu przemysłowy charakter, co uniemożliwiało prowadzenie doświadczeń w większym zakresie, otrzymamy pełniejszy obraz warunków, w których sejsmika pracowała.

W tych warunkach sejsmika nasza poszła drogą maksymalnego uproszczenia wszystkich zagadnień technicznych, metodycznych i interpretacyjnych oraz obniżenia wymagań stawianych zarówno dokładności prac polowych i interpretacyjnych, jak i aparaturze.

Dopuszczono na przykład w jednym przypadku bardzo silne zniekształcenia zapisów, jeżeli aparatura miała być użyta wyłącznie do badań refrakcyjnych. Ponieważ zapotrzebowanie na sejsmikę było duże, a możliwości wykonawcze małe, stosowano z reguły sondowania sejsmiczne. Prace refleksyjne metodą profilowania ciągłego wprowadzono na szerszą skalę dopiero w ubiegłym roku.

Zamiast dyskusji, czy postępowanie to było słuszne, spróbujemy ocenić wyniki prac sejsmicznych ostatnich lat na przykładzie badań na wysadzie kłodawskim, prac w Karpatach i zdjęcia sejsmicznego na Mazurach.

Na wysadzie kłodawskim prowadzono pomiary refleksyjne i refrakcyjne. Samo założenie tych prac i ich metodyka nie były właściwe. Budowę głębszego otoczenia wysadu przy braku dobrych poziomów refleksyjnych należało śledzić nie sondowaniami, lecz profilowaniem ciągłym, natomiast prace refleksyjne na samym wysadzie były bezcelowe, a pomiary refrakcyjne raczej zbyt zagęszczone. Próby śledzenia ukształtowania bocznych granic wysadu dziś ocenia się wszędzie jako zupełnie nierealne. Metodyka interpretacji była po prostu zbyt prymitywna dla takiej struktury jak wysad solny. Pomimo to sejsmika oddała duże usługi przy poznaniu wysadu, chociaż jedno z osiągnięć tych badań — wyznaczenie strefy, w której nawiercono sól potasową w drugim otworze wiertniczym, było osiągnięciem raczej geologicznym a nie sejsmicznym.

Pomiary sejsmiczne w Karpatach wykonane w roku 1951 i 1952 to następny nasz przykład. Prowadzono je metodą refleksyjną, a interpretację najprostszą metodą łuków. Średnie prędkości obliczono z danych geologicznych. Z punktu widzenia sejsmiki wyniki prac są bardzo słabe. Brak horyzontów ciągłych i mała dokładność wykreślenia refleksów dały tak rozrzucony obraz refleksów, że na takim materiale można właściwie rysować dowolne struktury, a bez większego trudu i takie, jakie sugeruje geologia (ryc. 1). Jednak i te prace mogą dostarczyć pewnych informacji, szczególnie po odpowiednim uzupełnieniu.

Widzimy więc, że w dwu przypadkach sejsmika przyniosła widoczne dla każdego korzyści, choć jej środki trzeba ocenić jako bardzo ubogie.

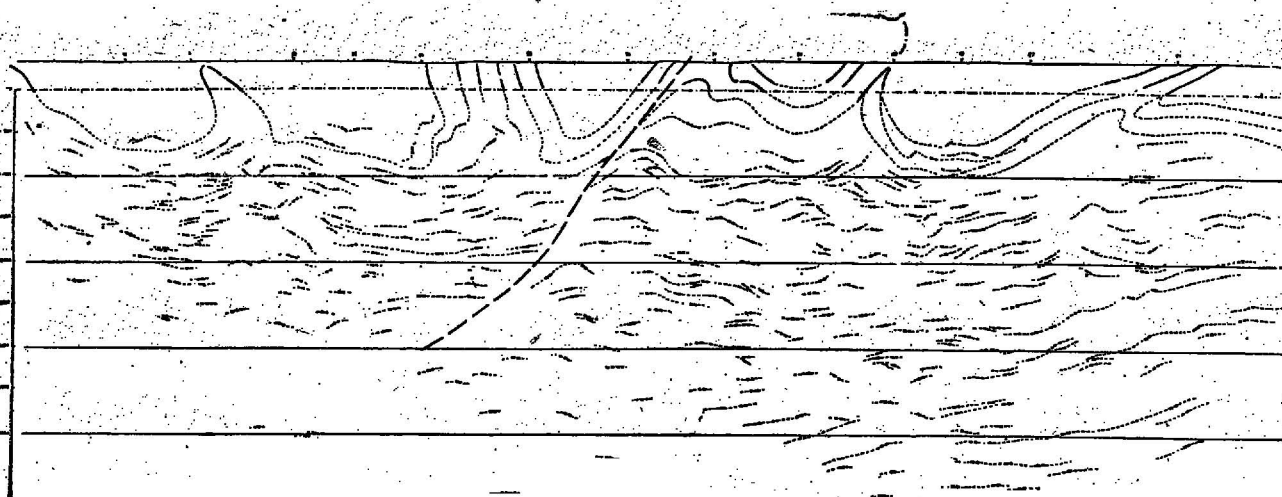
Nasrwa się tu prosty wniosek: jeżeli nie stać nas na razie na postawienie sejsmiki na najwyższym poziomie, należy ją kierować w takie rejony, gdzie można prostymi środkami otrzymać dobre wyniki. Jeżeli więc chcemy szukać na przykład ropy naftowej i mamy szansę znalezienia jej na niżu i w Karpatach, należy sejsmikę kierować na niż, a może w ogóle szukać ropy naftowej tylko na niżu ze względu na techniczne możliwości sejsmiki.

Błędem natomiast było kierowanie prac sejsmicznych w Karpaty, na zagadnienia trudne, które trudno będzie rozwiązać nawet wówczas, gdy będziemy mieć pod dostatkiem wysoko wykwalifikowanych pracowników grup sejsmicznych i gdy wprowadzone będą dokładne metody pomiarów i interpretacji.

Błędem również było stosowanie sondowań tam, gdzie konieczne było profilowanie ciągłe. W rezultacie w wielu przypadkach zbyt „rozcieńczone” pomiary przyniosły mało pożytku.

Natomiast wprowadzenie uproszczonych metod interpretowania należy uznać za słuszne. Dopóki grupy sejsmiczne nie będą miały całkowitej obsady pracowników o wysokich kwalifikacjach, a większość prac interpretacyjnych będzie wykonywana przez siły przyuczone, należy się ograniczać do najprostszych metod interpretacyjnych. I tu jednak trzeba zrobić pewne zastrzeżenie. Jeżeli metoda łuków do interpretacji pomiarów refleksyjnych — chociaż jest metodą przybliżoną — daje dostatecznie dobre wyniki i wymaga najwyższej uzupełnienia metodą elips przy bardziej powyginanych horyzontach, to używanie tylko jednej, uproszczonej metody interpretacji hodografów refrakcyjnych właściwie zahamowało prace refrakcyjne.

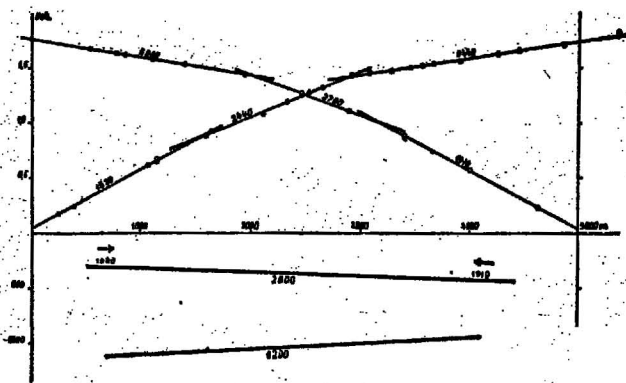
Czym może być właściwa interpretacja i właściwa metoda pomiarowa, świadczy opracowanie materiałów niemieckich pomiarów refrakcyjnych wykonanych w rejonie Mazur w roku 1930. Materiały te składają się z 32 sejsmogramów jednośladowych i da-



Ryc. 1

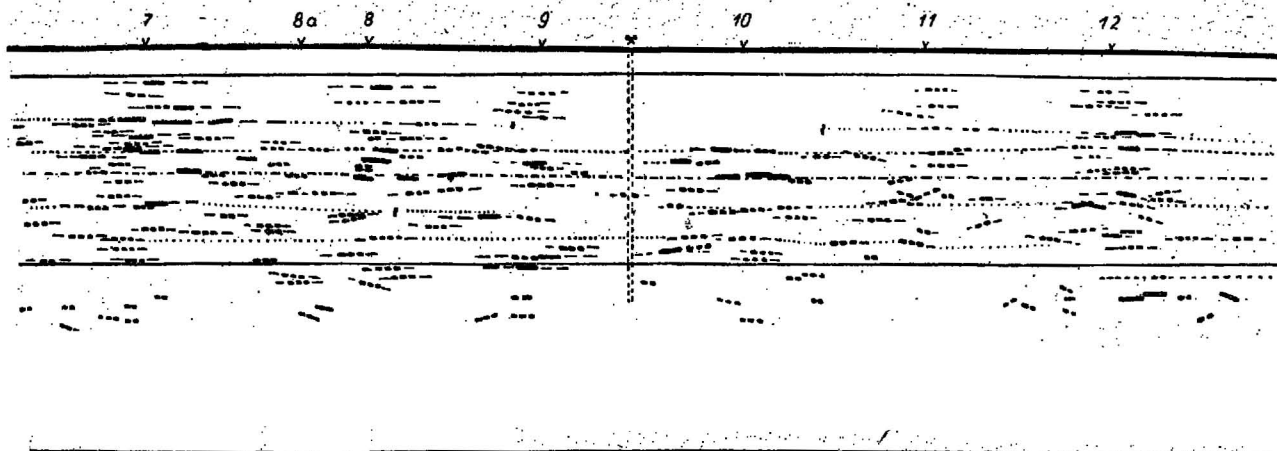
I w końcu trzeci przykład — zdjęcie sejsmiczne Mazur. Metodyka pracy i interpretacji taka sama, z tym tylko że w ostatnim przypadku zastosowano nowoczesną metodę obliczania średnich prędkości. Tu już dzięki dobrym warunkom sejsmicznym przede wszystkim dzięki obecności dość dobrego horyzontu przewodniego — znaleziono oraz podłoża oceniony przez geologów pozytywnie i potwierdzony później wierceniem.

ją razem 2 hodografy zbieżne o długości 5 km każdy. Na dzisiejsze wymagania są to więc materiały skąpe. Oczywiście i metodyka rejestracji była w stosunku do roku 1938 bardziej prymitywna. Pomimo to interpretacja wykonana w roku 1953 metodą półwykreślną Słotnicka dała obraz zgodny z wierceniem i właściwie pełniejszy niż wyniki uzyskane przez naszą grupę sejsmiczną, która w roku 1953 wykonała w tym rejonie pomiary refleksyjne (ryc. 2 i 3).



Ryc. 2

Na ryc. 3 podaję przykład zdjęcia sejsmicznego stosunkowo dobrego. Może ono służyć jako przykład trudności, które trzeba zwalczać, kiedy zaatakuje się problem podniesienia dokładności pomiarów. W przekroju rzuca się w oczy to, że refleksy układają się nie jednakowo. Na pewnych partiach profilu występują gęsto, na innych brak ich zupełnie. Przyczyny tego mogą być różne. Może to być pogorszenie się jakości powierzchni odbijających. Przyczyną braku refleksów mogą być uskoki, zaburzenia w warstwach przykrywających horyzont refleksyjny, co powoduje rozproszenie fali sejsmicznej przez ośrodek zaburzony. Ale przyczyną braku refleksów mogą być również przeszkody ze strony fal powierzchniowych, które zagłuszają fale odbite. Barłziej starannie dobieranie warunków strzału, a mianowicie odpowiedniej głębokości otworów i rodzaju warstw, w których odpala się ładunek, a także stosowanie specjalnych metod strzelania, np. strzelanie w powietrzu, grupowanie otworów strzałowych (patern shooting), ugrupowanie geofonów może poprawić stosunek amplitud fal zakłócających i fal odbitych na korzyść tych ostatnich, tak że w pustych miejscach otrzymamy refleksy. Główną przeszkodą w obieraniu takich warunków są fałszywie pojmowane względy ekonomiczne.



Ryc. 3

Jak widzimy na ryc. 3, poszczególne „refleksy”, czyli odcinki powierzchni refleksyjnych, rozrzucone są dość bezładnie i tylko tam, gdzie występują refleksy wagi wyższej znaczone na rycinie grubszą linią, istnieją wskazówki, jak łączyć poszczególne odcinki w horyzonty. Panowała u nas maniera łączenia takich rozrzuconych refleksów w przemyślnie horyzonty i nazywało się to interpretacją geologiczną (ryc. 1). Postępowanie takie nie jest uzasadnione względami sejsmiki i przy braku horyzontów łatwo

korelujących się należy stosować metodę profilowania ciągłego, przy którym poszczególne płaszczyzny przylegają do siebie. Stosowanie profilowania ciągłego wymaga jednak dwa razy tyle punktów sejsmicznych na kilometr profilu, ile stosowano u nas „zwyczajowo”, albo dwukrotnie zwiększonych rozstawów. Jeżeli interpretowane są materiały z sondowania albo jeżeli nawet przy profilowaniu ciągłym nie otrzymuje się horyzontów ciągłych, należy stosować wykreślanie horyzontów umownych przeprowadzonych nie przez poszczególne refleksy, lecz równoległe do nich. Aby jednak takie wykreślenie dało dobry efekt, upady poszczególnych refleksów muszą być wykreślone możliwie dokładnie.

Droga do powiększenia dokładności wykreślenia refleksów nie jest łatwa. Jak wspomniałem wyżej, przy wykreślaniu refleksów posługiwano się wyłącznie metodą łuków, chociaż od roku 1951 rozpoczęto stosowanie i metody elips.

Przyjęty sposób wykreślenia łuków przedstawiał się następująco: odczytane z sejsmogramu czasy fali refleksyjnej wpisywano do arkusza obliczeniowego, na którym następnie wykonywano wszystkie obliczenia aż do otrzymania promienia łuku. Od momentu wpisania czasu na arkusz obliczeniowy interpretator tracił kontakt z sejsmogramem. Selekcji refleksów, określenia ich współzależności właściwie nie było, poza polowaniem na horyzonty przewodnie nie zawsze właściwie korelowane. Przy takim sposobie pracy na każdym kroku możliwe było popełnianie omyłek, z których jeszcze najłatwiejsza do uniknięcia była fałszywa korelacja na jednym sejsmogramie. Już z literatury można by przytoczyć dziesiątki przykładów na to, że niewłaściwa korelacja zawsze jest możliwa nawet dla doświadczonego interpretatora. A u nas refleksy wpisywali na arkusze często pracownicy przyuczeni. Niewłaściwa korelacja, szczególnie dla refleksów głębokich i przy małym rozstawie geofonów może zmienić upad wykreślanego odcinka horyzontu refleksyjnego na przeciwny.

Dalszym źródłem błędów mogą być przesunięcia fazowe powstałe już w kanale sejsmicznym, a właściwie w geofonie. Pomimo dużych trudności kadrowych utrzymanie aparatur udało się doprowadzić do takiego stanu, że przesunięcia fazowe w samej

aparaturze mieszczą się w granicach dopuszczalnych. Słabą stroną naszych aparatur są geofony. Zbyt miękka konstrukcja i tłumienie olejowe, zależne od temperatury, powoduje małą stałość parametrów geofonów. Między innymi dlatego geofony te są bardzo wrażliwe na warunki ustawienia na gruncie. W rezultacie jakość naszych sejsmogramów fazowych jest z reguły zła. Na podstawie sejsmogramu uzyskanego przez włączenie jednego geofonu na wszystkie wzmacniacze połączone równoległe łatwo

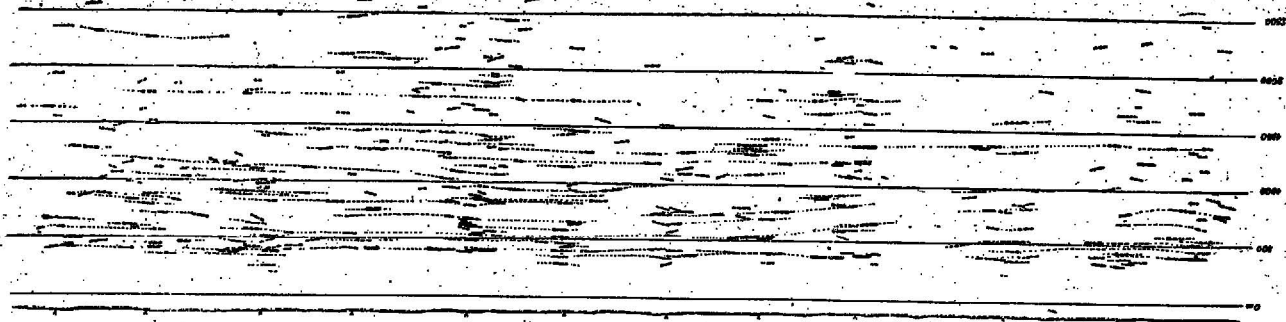
wykazać, że pozostałe człony kanałów aparatury są w dopuszczalnych granicach identyczne. Sprawa ta znana jest od r. 1951 i próbowano jej zaradzić przez wykonanie takiej ilości geofonów o nieco sztywniejszej konstrukcji, aby każda grupa miała dwa komplety. Umożliwiłoby to częstsze strojenie geofonów. Wprawdzie wyprodukowane geofony zdały egzamin na ogół pomyślnie, sprawa nie została jednak rozwiązana, ponieważ przekonano się, że nawet przy starannym wystrojeniu geofonów nie udaje się uzyskać zupełnej identyczności na sejsmogramach fazowych. Dzięki specjalnym staraniom nowozakupione aparaty mają już bardziej nowoczesne geofony o tłumieniu elektrodynamicznym, a próby produkcji geofonów w kraju nastawione zostały na typ elektromagnetyczny.

Na razie jednak część używanych aparatów jest wyposażona w geofony o tłumieniu olejowym i błędy spowodowane przesunięciami fazowymi szczególnie przy długim okresie impulsu, a więc błędy refleksów zmniejszyć można przede wszystkim przez wykreślanie hodografów wszystkich refleksów. Do interpretacji bierze się wtedy czasy z uśrednionych hodografów a nie bezpośrednio z sejsmogramów, tyc. 4a i 4b są jaskrawym przykładem tego, co może dać dokładna interpretacja. W obu przypadkach interpretowano te same sejsmogramy, przy użyciu tej samej krzywej średnich prędkości. Refleksy wykreślono w obu przypadkach metodą łuków. Tylko wykreślenie profilu pokazanego na ryc. 4b poprzedzone było wykreśleniem hodografów.

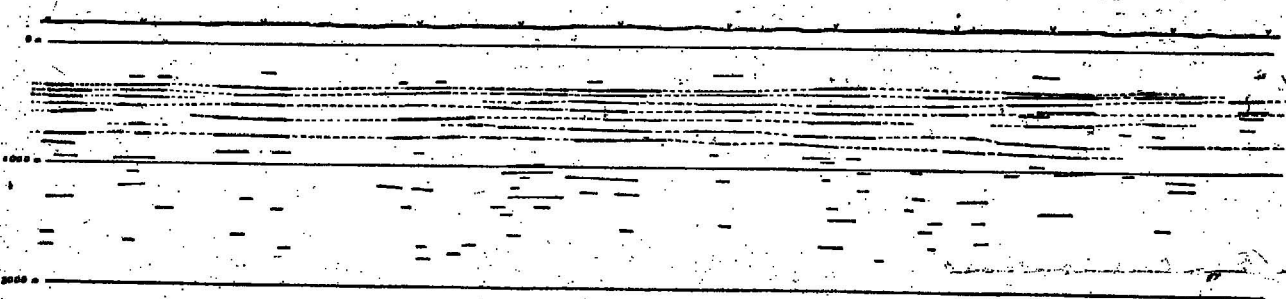
pewne, że wprowadzenie poprawek obliczonych z niedość dokładnie wyznaczonych danych nie tylko nie pomaga, ale raczej zniekształca właściwy hodograf. Wprowadzamy bowiem do hodografu czynnik nie kontrolowany. Natomiast hodograf wykreślony na podstawie czasów wziętych bezpośrednio z sejsmogramów daje obraz pewnej określonej rzeczywistości. Dość powiedzieć, że hodografy wykreślone bez poprawek mają często lepszą zgodność na punktach wzajemnych niż te same hodografy po wprowadzeniu poprawek. Obliczenia poprawek na głębokość otworu strzałowego wcale nie są pewne, czego dowodem są równoległe przesunięcia odcinków hodografów odpowiadających poszczególnym sejsmogramom nawet po zastosowaniu poprawki na głębokość otworu. Przy wykreślaniu hodografów przesunięcie czasów jest wyraźnie widoczne i może być uwzględnione przez równoległe przesunięcie odcinka hodografu wykreślonego z jednego sejsmogramu. W ten sposób poprawka na efektywną głębokość otworu strzałowego i zmianę częstotliwości (okresu impulsu) może być uwzględniona łącznie z poprawką „na fazę”.

Poprawka topograficzna może wносить również pewne zniekształcenia, jeżeli prędkość przyjęta do jej obliczenia została obrana niewłaściwie.

Największą jednak trudność przedstawia ustalenie poprawki na warstwę małych prędkości. Nieuwzględnione większe zmiany grubości warstwy małych prędkości czy prędkości w tej warstwie prowadzą do bardzo poważnych zniekształceń hodografów, co



Ryc. 4a

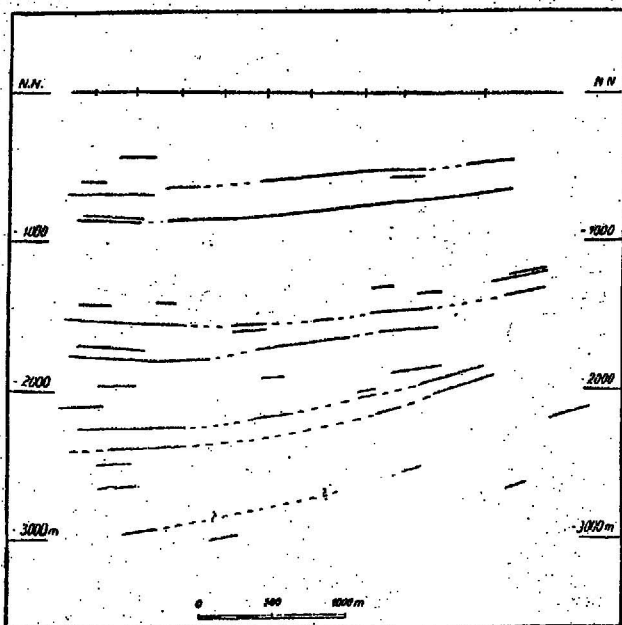


Ryc. 4b

Czynnikiem ograniczającym dokładność wykreślenia refleksów jest wpływ warstwy małych prędkości oraz zmiany efektywnej głębokości otworu strzałowego, czyli te czynniki, które uwzględnia się przez wprowadzenie poprawki na: głębokość otworu, elewację i warstwę małych prędkości. Tu należy jeszcze uwzględnić niezgodność czasów na dwu sąsiednich sejsmogramach, powstałą wskutek zmiany kształtu impulsu po zmianie wielkości ładunku czy głębokości otworu strzałowego.

Trudno zalecić jakiś uniwersalny sposób rozwiązania sprawy poprawek, jedno jednak wydaje się

może być interpretowane jako wyraźne struktury głębokie, nieistniejące w rzeczywistości (ryc. 5a i b). Najlepszą kontrolą tego zjawiska przy pracach refleksyjnych jest wykreślanie hodografów pierwszych impulsów razem z hodografami refleksyjnymi. Jeżeli jakieś nieregularności hodografu refleksyjnego mają odpowiedniki na hodografie pierwszych impulsów, należy bezwzględnie przeprowadzić osobne pomiary warstwy małych prędkości. Sprawa ta jest u nas wyraźnie zaniedbana ze względu na to, że do pomiarów warstwy małych prędkości potrzebne są dodatkowe punkty sejsmiczne; pomiary grubości warstwy



Ryc. 5a. Profil sejsmiczny po wprowadzeniu poprawek na warstwę małych prędkości.

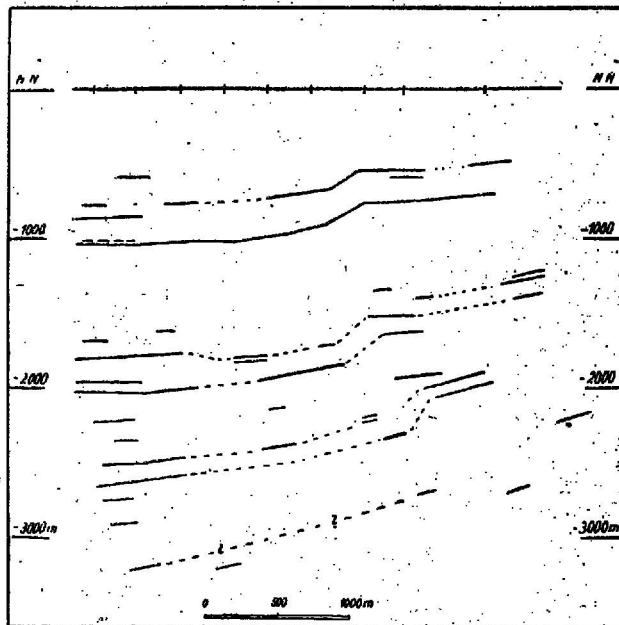
małej prędkości nie są prowadzone, chociaż w roku ubiegłym zalecone były w kilku planach technicznych.

Dalszym czynnikiem wpływającym na dokładność wykreślenia refleksów metodą łuków jest sprawa prędkości średnich. Tu daje się zauważyć stosunkowo największy postęp. W ciągu ostatnich kilku lat wypróbowano szereg najbardziej interesujących metod obliczania prędkości średnich z pomiarów refleksyjnych, zaczerpniętych z literatury radzieckiej i amerykańskiej. Radzieckie metody Gurwicza, Bugajto i Rizniczenki są tu szczególnie godne polecenia, ponieważ prędkości średnie wyznacza się wtedy z danych uśrednionych hodografem. Metody te są więc bardziej przystosowane do naszych warunków. Godne uwagi są również najnowsze metody pozwalające uwzględnić wpływ krzywizny powierzchni refleksyjnych.

Dużą zdobyczą naszej sejsmiki, której całkowite efekty zostaną otrzymane w dłuższym okresie; jest prowadzenie systematycznych pomiarów efektywnych prędkości w głębokich otworach. Dość tu będzie przytoczyć zdanie z jednego z najbardziej pożytecznych obecnie podręczników, mianowicie I. I. Gurwicza: „Siejsmorazwiedka „...zakładamy, że prawa zmian prędkości w ośrodku znane są z karotażu sejsmicznego. Tylko za jego pomocą można otrzymać dane o zmianach z dokładnością umożliwiającą stosowanie specjalnych sposobów uwzględnienia niejednorodności ośrodka“.

Uzyskane z obliczeń krzywe prędkości średnich mają u nas zwykle dość złożony charakter. Ponieważ charakter tych krzywych zmienia się najczęściej wzdłuż profilu, należałoby się zastanowić, czy nie bardziej celowe byłoby stosowane za granicą aproksymowanie znalezionych krzywych przez krzywe analityczne jednego ze spotykanych najczęściej typów, np. dla liniowego wzrostu prędkości zależnie od głębokości. Z czasem stanie się to konieczne, gdy w miarę wzrostu kwalifikacji interpretatorów metody prędkości średnich można będzie zastąpić dokładnymi metodami, pozwalającymi na uwzględnienie poziomych gradientów prędkości.

Wybór metody interpretacji ma oczywiście bardzo duży wpływ na dokładność interpretacji. Jeśli chodzi o metodę refleksyjną, sprawa jest dość prosta. Metody prędkości średnich a z nich metoda łuków i elips będą jeszcze dość długo trudne do zastąpienia,



Ryc. 5b. Ten sam profil wykreślony bez poprawek na warstwę małych prędkości (Erdöl u. Kohle 9/1954)

nia, choćby dlatego, że przy innych metodach najbardziej pracochłonne czynności muszą być wykonywane przez wysokokwalifikowany personel. Natomiast bezwzględnie należy przeprowadzić zasadę, że wykreślanie refleksów musi być poprzedzone wykreślaniem hodografów. Przy wykreślaniu hodografów może być szeroko wykorzystany personel pomocniczy przyuczony, a prawie automatyczna kontrola otrzymywanych hodografów na wykresach zmniejsza pracę personelu wysokokwalifikowanego, który może być wykorzystany gdzie indziej.

Nieco inaczej przedstawia się sprawa przy interpretacji pomiarów refrakcyjnych. Korelacyjna metoda refrakcyjna wyparła już całkowicie metodę pierwszych impulsów, a stosowanie zasad korelacji przy wykreślaniu hodografów wyeliminowało szereg błędów, jakie popełniano dawniej przy wykreślaniu hodografów refrakcyjnych. Razem z wprowadzeniem korelacyjnej metody refrakcyjnej rozpoczęto stosowanie nowoczesnych metod interpretacji pomiarów refrakcyjnych. Metod tych istnieje wiele i konieczne jest w naszych warunkach wybranie z nich jak najmniejszej ilości metod możliwie prostych i niezbyt pracochłonnych, aby umożliwić ich powszechne stosowanie. Jeżeli jednak w metodzie refleksyjnej można poprzestać nawet na jednej metodzie interpretacji, np. łuków, w pracach refrakcyjnych jest to niemożliwe.

Na całym świecie stosuje się do dziś klasyczną metodę obliczania głębokości horyzontu refrakcyjnego z odległości punktu przecięcia hodografów fali załamanej i fali prostej. W badaniach bardzo płytkich metoda ta jest niezastąpiona ze względu na to, że przy niej wpływ głębokości otworu strzałowego jest najmniejszy. Łatwo to sobie wyobrazić, jeżeli się weźmie pod uwagę, że poprawka na głębokość otworu strzałowego jest stała dla wszystkich geofonów, a więc przesuwa tylko całość hodografu pierwszych impulsów w górę lub w dół, nie zmieniając odległości punktu załamania tego hodografu od punktu strzałowego.

Metody objęte wspólną nazwą metod t_0 doprowadzone do dużej doskonałości w Związku Radzieckim, a stosowane i w Ameryce dają największe możliwości wykorzystania całości hodografu refrakcyjnego, wymagają jednak stosowania średnich prędkości. Mogą więc być stosowane głównie w połączeniu

z metodą refleksyjną. Wydaje się, że tam, gdzie nie ma danych o prędkościach średnich, należy stosować metodę Slotnicka. Najdokładniejszą i jednocześnie najprostszą metodą interpretacji pojedynczych hodo-
grałów refrakcyjnych jest metoda parabol stycznej Dix'a itp. Wydaje się, że można ograniczyć się do trzech metod, a mianowicie: parabol stycznej, Slotnicka i metody punktów sprzężonych, która daje największe możliwości przy śledzeniu nierówności horyzontów refrakcyjnych.

Interpretacja geologiczna pomiarów sejsmicznych u nas nabrała szczególnego charakteru. Odbiorcy prac sejsmicznych jeszcze czasem żądają całkowitej interpretacji geologicznej. Żądanie takie uznawane było dawniej w zupełności, ale dziś mamy na to inny pogląd. Wynikiem bowiem interpretacji pomiarów sejsmicznych jest obraz sejsmiczny obszaru badanego, który może, ale nie musi być powiązany z budową geologiczną. Głównym zadaniem sejsmiki jest znalezienie struktur, które przekazywane są następnie geologom do bliższego rozpoznania. Takie zadanie stawia radziecka instrukcja o współpracy grup sejsmicznych z geologami. Toteż w Związku Radzieckim niektóre horyzonty sejsmiczne całymi latami nie są podporządkowywane do określonych elementów geologicznych. Najlepiej sprawę tę ujmuje zdanie jednego z przodujących geofizyków amerykańskich: „Współpraca geofizyka z geologiem jest konieczna, ale ich zakresy działania nie powinny zachodzić na siebie zbyt daleko“.

Metodyka polowych prac sejsmicznych uległa u nas również radykalnym zmianom. Jeżeli w pierwszych latach naszej powojennej sejsmiki stosowano z reguły sondowania refleksyjne, a profile refrakcyjne zakładano bez zwrócenia uwagi na możliwości wiązania na punktach wzajemnych, ostatnio nastąpiła stanowcza poprawa, szczególnie w pracach refleksyjnych. Można nawet zauważyć przesadę w odwrotnym kierunku: zbytnie wydłużanie profili refleksyjnych, co przy nieuwzględnieniu poziomego gradientu prędkości może prowadzić do otrzymywania refleksów o fałszywych upadach. W ogóle należałoby przyjąć następującą zasadę: tam, gdzie zauważy się oznaki poziomych gradientów prędkości, należy stosować skrócone odległości: punkt strzałowy — geofon. Pociągnie to za sobą nieprzyjemną konieczność zmniejszenia odległości między punktami strzałowymi: Natomiast zastanowić się trzeba nad tym, czy celowe jest stosowanie wszędzie tak małych odstępów między geofonami, jak to w tej chwili przyjęto. W większości wypadków stosowanie odstępów dziesięciometrowych jest zwykłym marnotrawstwem.

Dużo jest jeszcze do zrobienia w pomiarach refrakcyjnych. Daje się zauważyć wśród kierowników

grup sejsmicznych niechęć stosowania pomiarów refrakcyjnych w ogóle. Powodem tego jest większa pracochłonność pomiarów refrakcyjnych. Utało się u nas błędne przekonanie, że pomiary refrakcyjne można stosować tylko do małych głębokości. Tymczasem już wyżej podany przykład zilustrowany rycinami 2 i 3 wykazuje zalety metody refrakcyjnej.

Daleko za sobą mamy już te lata, gdy przy przechodzeniu z metody refleksyjnej na refrakcyjną i odwrotnie przestrajano się całkowicie aparaturę i wykonywało się te prace zupełnie niezależnie, ale wciąż za mało uwagi zwraca się na kombinowanie metody refleksyjnej z refrakcyjną. Zalety kombinowania tych metod opisane zostały niedawno w literaturze radzieckiej.

Mało jeszcze wykorzystane są możliwości pełniejszego niż dotychczas opracowania sejsmogramów refrakcyjnych, z których nie wszędzie trafia do interpretacji. Dzięki wprowadzeniu korelacyjnej metody refrakcyjnej zerwaliśmy już ostatecznie z wykorzystywaniem samych tylko pierwszych impulsów, jednak z powodu trudności metodycznych nie opianowanych jeszcze całkowicie i braku czasu interpretera prac tych nie prowadził konsekwentnie.

Duże ilości danych sejsmicznych można uzyskać z reinterpretacji starych materiałów sejsmicznych przykładem może tu być odtworzenie i zinterpretowanie materiałów refrakcyjnych ze zdjęcia wachla rzowego na Pomorzu albo choćby wspomniany profil refrakcyjny (ryc. 2).

W ostatnich latach wytworzyły się paradoksalnie pierwszy rzut oka warunki, w których przyczyną marnotrawstwa w pracach sejsmicznych są przepływy finansowe, stanowiące w tej chwili poważną przeszkodę w rozwoju sejsmiki.

Jak już wspomniano na wstępie, personel w początkowym okresie prac sejsmicznych grup nie był kompletny, nie miał odpowiedniego wykształcenia i w związku z tym był odpowiednio nisko płatny. Przy niskich wymaganiach jakościowych a dużych ilościowych wydajność grup była stosunkowo wysoka. Na podstawie takich danych ustalono zostały normy obsady grup polowych i cennik na prace geofizyczne nie uwzględniające większego wkładu pracy, potrzebnego przy bardziej dokładnym wykonywaniu pomiarów i interpretacji. Sprawa ta może i powinna być uregulowana w krótkim czasie. Ze strony samych sejsmików widoczne są wysiłki zmierzające do zerwania z metodami pracy, które kiedyś były usprawiedliwione, ale dziś muszą ustąpić metodom nowoczesnym. Bez wyraźnego postępu w tej dziedzinie mechaniczne powiększenie ilości grup sejsmicznych nie rozwiąże pilnych i ważnych problemów geologicznych.